



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

2022

PRESENTACIÓN DE PERSPECTIVAS DE LAS TECNOLOGÍAS Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

Cita requerida:

FAO. 2023. *Presentación de perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios* - 2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2506es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-137750-5

© FAO, 2023



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de portada:

© FAO/Luis Tato

2022

PRESENTACIÓN DE PERSPECTIVAS DE LAS TECNOLOGÍAS Y LA INNOVACION EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Roma, 2023

ÍNDICE

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| PRÓLOGO | IV |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| ABREVIATURAS Y SIGLAS | VI |
| GLOSARIO | VII |
| RESUMEN | VIII |
| CAPÍTULO 1 | |
| ¿POR QUÉ ATIO? | 1 |
| 1.1 Teoría del cambio en ATIO | 6 |
| CAPÍTULO 2 | |
| FRONTERAS DE ATIO Y COBERTURA DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS | 9 |
| CAPÍTULO 3 | |
| DINÁMICA DEL DESARROLLO Y LA DIFUSIÓN DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS | 15 |
| CAPÍTULO 4 | |
| NECESIDADES DE DATOS Y ENFOQUES | 23 |
| CAPÍTULO 5 | |
| INDICADORES RELATIVOS A LOS INSUMOS PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS | 29 |
| CAPÍTULO 6 | |
| INDICADORES RELATIVOS A LAS FORMAS PREINCIPIENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN | 35 |
| 6.1 Creación de un inventario de posibles innovaciones | 40 |
| 6.2 Definición de los conocimientos especializados pertinentes | 42 |
| 6.3 Determinación y selección de posibles expertos | 43 |
| 6.4 Consultas estructuradas de expertos para ATIO | 44 |

CAPÍTULO 7

INDICADORES RELATIVOS A FORMAS INCIPIENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

| | |
|--|----|
| 7.1 Indicadores y fuentes de datos | 49 |
| 7.2 Acceso a los datos y disponibilidad de fuentes de datos | 52 |
| 7.3 Determinación de tecnologías incipientes a partir de datos no estructurados mediante inteligencia artificial | 53 |
| 7.4 Examen | 57 |
| 7.5 Mejora del uso de la inteligencia artificial en ATIO | 57 |

CAPÍTULO 8

FORMAS MADURAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

| | |
|---|----|
| 8.1 Aceleración de la adopción de innovaciones preincipientes e incipientes | 67 |
|---|----|

CAPÍTULO 9

SÍNTESIS DE DATOS CON FINES DE EVALUACIÓN INTEGRADA DE LA REPERCUSIÓN

| | |
|--|----|
| | 71 |
|--|----|

CAPÍTULO 10

INDICADORES RESUMIDOS POR PAÍS

| | |
|---|----|
| 10.1 Métodos de construcción de índices resumidos | 76 |
|---|----|

CAPÍTULO 11

UN DISEÑO BASADO EN EL CONSORCIO PARA ATIO 2024 Y EDICIONES POSTERIORES

| | |
|--|----|
| | 79 |
|--|----|

CAPÍTULO 12

FRECUENCIA Y CONTENIDO DE ATIO

| | |
|--|----|
| | 85 |
|--|----|

APÉNDICE A

| | |
|---|----|
| Detalles sobre los indicadores examinados | 88 |
|---|----|

APÉNDICE B

| | |
|--|----|
| Posibles fuentes de información sobre nuevas empresas de sistemas agroalimentarios | 95 |
|--|----|

APÉNDICE C

| | |
|---|-----|
| Métodos estructurados de consulta de expertos | 100 |
|---|-----|

APÉNDICE D

| | |
|--|-----|
| Formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación | 104 |
|--|-----|

REFERENCIAS

| | |
|--|-----|
| | 110 |
|--|-----|

CUADROS

| | |
|--|-----|
| 1 Balance de datos en diversos insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios (indicadores/se ries/número de prioridad) | 31 |
| 2 Resumen del balance rápido de conferencias sobre innovaciones agroalimentarias y posibles expertos participantes | 45 |
| 3A Fuentes de los datos relativos a la viabilidad comercial | 54 |
| 3B Fuentes de los datos relativos a las tendencias | 54 |
| 3C Fuentes de los datos sobre la repercusión científica y tecnológica | 55 |
| 4 Balances de datos sobre formas maduras de ciencia, tecnología e innovación realizados en relación con diversos elementos de los sistemas agroalimentarios | 62 |
| 5 Participación de los usuarios y ventajas de una base de datos de variedades de cultivos para las distintas partes interesadas | 65 |
| A1 Series de datos prioritarios sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación | 88 |
| A2 Series de datos prioritarios sobre formas maduras de ciencia, tecnología e innovación | 90 |
| A3 Series de datos no prioritarios sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación | 92 |
| A4 Series de datos no prioritarios sobre formas maduras de ciencia, tecnología e innovación | 93 |
| B1 Clasificación de las fuentes de financiación de empresas nuevas examinadas | 96 |
| B2 Definición de las primeras rondas de financiación | 97 |
| C1 Tipos de consulta | 101 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| 1 Teoría del cambio en ATIO | 5 |
| 2 Dinámica de desarrollo y difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación, y categorías de datos y métodos conexos de evaluación de la repercusión | 18 |
| 3 Determinación y evaluación iterativas de innovaciones preincipientes en las que se aplican métodos combinados de recopilación de datos y consultas de expertos | 37 |
| 4 Dimensiones del Índice de preparación para la tecnología | 39 |

| | |
|--|-----|
| 5 Flujo de trabajo propuesto para evaluar las innovaciones preincipientes | 46 |
| 6 Mapa conceptual de los sistemas agroalimentarios | 50 |
| 7 Indicadores y sus fuentes de datos | 51 |
| 8 Proceso de inteligencia artificial | 56 |
| 9 Aceleradores de la transformación de los sistemas agroalimentarios | 67 |
| D1 Temas descubiertos en relación con los datos sobre patentes | 105 |
| D2 Número mensual de documentos por tema en 2021 | 106 |
| D3 Distribución ponderada de temas | 107 |
| D4 Correlación entre las intervenciones encontradas y los temas determinados | 108 |
| D5 Fuentes de patentes individuales y medición de la coherencia por modelos de temas | 109 |

RECUADROS

| | |
|---|-----|
| A Temas de los informes de la OCDE, la UNCTAD, la UNESCO y la OMPI sobre ciencia, tecnología e innovación | 12 |
| B Problemas planteados por los datos | 25 |
| C Evaluación de la madurez y la preparación tecnológicas | 38 |
| D Evaluación del potencial de adopción | 39 |
| E Financiación colectiva en el Sur del mundo | 41 |
| F Justificación de la creación de una base de datos sobre variedades de cultivos | 65 |
| C1 Ejemplo de posible flujo de trabajo en consultas de expertos | 102 |

PRÓLOGO

Hoy en día, nuestro mundo hace frente a complicados desafíos, incluidos conflictos, situaciones de emergencia humanitaria y los efectos de la crisis climática y la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19), que provocan perturbaciones y recesiones económicas e interrumpen los suministros internacionales. Estas crisis contribuyen al espectacular aumento del hambre y la desigualdad mundiales y deterioran drásticamente el nivel de vida de las poblaciones más vulnerables. A medida que el planeta se calienta y los recursos naturales empiezan a escasear, corre peligro nuestra labor orientada a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

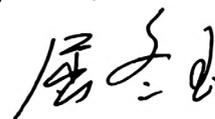
El Marco estratégico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para 2022–2031 refleja nuestro pleno compromiso con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y explica por qué es esencial que se transformen los sistemas agroalimentarios aumentando la eficiencia, la inclusividad, la resiliencia y la sostenibilidad. Solo gracias a la transformación podrán conseguirse una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor: *las cuatro mejoras*. Sin embargo, no será fácil producir más alimentos mientras se reducen los insumos y se mantiene el ritmo de la demanda en auge, a la vez que se hace frente a las numerosas cuestiones que actualmente representan obstáculos a las dietas asequibles y saludables, las oportunidades de subsistencia y la eliminación de la pobreza y el hambre.

La transformación de los sistemas agroalimentarios solo será posible mediante una aplicación juiciosa de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ciertamente, la ciencia, la tecnología y la innovación son elementos cruciales de mi visión de una FAO

revitalizada y contribuyen a la construcción de un futuro mejor. La reciente Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación refuerza la aplicación de la ciencia y las innovaciones en la totalidad de la labor técnica de la Organización y en la orientación normativa que presta.

Sin embargo, la adopción de tecnologías e innovaciones es actualmente ineficiente en muchos países de ingresos medios y bajos. Un componente fundamental para rectificar esta deficiencia será un nuevo producto de conocimiento: *Perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios (ATIO)*. Esta publicación bienal producida por la FAO y sus asociados gestionará información actualizada sobre el estado mundial de la ciencia, la tecnología y la innovación. Complementará la valiosa gestión de datos gracias a previsiones y exámenes prospectivos sobre las vías de repercusión que podrían seguir diversas formas en desarrollo de ciencia, tecnología e innovación y mediante síntesis de los datos disponibles sobre la repercusión de dichas formas. ATIO informará sobre datos y análisis de numerosas fuentes para convertirse en una publicación principal que orientará a las instancias decisorias de todo el mundo en el ámbito de los sistemas agroalimentarios.

Son insuficientes los datos y análisis científicos relativos a los numerosos componentes que contribuyen a los sistemas agroalimentarios y a la manera en que esta deficiencia puede subsanarse aplicando ciencia, tecnología e innovación. ATIO representa una contribución destacada, y espero que pase a ser un instrumento valioso en el empeño por crear un mundo más equitativo. Mediante este informe se presentan las perspectivas de las tecnologías y la innovación y se expone lo que será necesario para que cumpla su función.



Qu Dongyu
Director General de la FAO

AGRADECIMIENTOS

La preparación del informe fue obra de un equipo multidisciplinario dirigido por la Universidad de Cornell bajo la dirección de Mona Chaya, Asesora Superior, y Preetmoninder Lidder, Asesora Técnica en la Oficina de la Científica Jefe. La orientación general correspondió a Ismahane Elouafi, Científica Jefe de la FAO.

Equipo de investigación y redacción: Christopher B. Barrett¹, Shamaila Ashraf², Jessica Fanzo³, Mario Herrero¹, Daniel Mason-D'Croz¹, Sudha Narayanan⁴, Jaron Porciello^{1,2}, Medha Bulumulla¹, Jackson Hart¹, Jasmin Higo¹, Cody Kugler¹, Jialu Li¹, Claire Lynch¹, Shivanshu Sharma¹, Juan Vergara¹ y Hongdi Zhao¹.

Aportaciones de la FAO: Valerie Bizier, Henry Burgsteden, Delgermaa Chuluunbaatar, Pietro Conforti, Beth Crawford, José Rosero Moncayo y Atef Swelam

Otras aportaciones:

Channing Arndt, Phil Campbell, Julia Compton, Soumitra Dutta, Keith Fuglie, Doug Gollin, Greg Graff, Mark Kahn, Theo Kargere, Ed Mabaya, Phil Pardey, Prabhu Pingali, Roseline Remans, Gert-Jan Stads, Keith Wiebe y Heather Zornetzer.

Especial agradecimiento a Ludovica Mei (FAO) por coordinar la producción y a Jonathan Robinson (FAO) por encargarse de la revisión editorial del texto.

¹ Universidad de Cornell.

² Havos.ai.

³ Universidad Johns Hopkins.

⁴ Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

| | |
|----------------|--|
| 3ie | Iniciativa Internacional para la Evaluación de la Repercusión |
| ASTI | Indicadores de Ciencia y Tecnología Agrícola |
| ATIO | Perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios |
| CGIAR | Sistema del CGIAR |
| CoSAI | Comisión de Intensificación Agrícola Sostenible |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| FAOSTAT | Base de datos estadísticos sustantivos de la FAO |
| GERD | Gasto de capital bruto interno en I+D |
| GPS | Sistema de Posicionamiento Mundial |
| I+D | Investigación y desarrollo |

| | |
|----------------|--|
| IFPRI | Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias |
| IFSS | Soluciones innovadoras para los sistemas alimentarios |
| InStePP | Práctica y política internacionales en el ámbito de la ciencia y la tecnología |
| NASA | Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio |
| OCDE | Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| OMPI | Organización Mundial de la Propiedad Intelectual |
| PIB | Producto interno bruto |
| UNCTAD | Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |

GLOSARIO

La palabra **ciencia** designa el proceso en virtud del cual la humanidad, actuando individualmente o en grupos, hace un esfuerzo organizado, mediante el estudio objetivo de los fenómenos observados y su validación a través del intercambio de conclusiones y datos y el examen entre pares, para descubrir y dominar la cadena de causalidades, relaciones o interacciones; reúne subsistemas de conocimiento de forma coordinada por medio de la reflexión sistemática y la conceptualización; y con ello se da a sí misma la posibilidad de utilizar, para su propio progreso, la comprensión de los procesos y de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y en la sociedad¹. Tal como establece el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, hay otros sistemas y formas de conocimiento que coexisten con la ciencia, en particular los conocimientos locales, tradicionales e indígenas, y tienen un importante papel que desempeñar en el diálogo científico mundial².

Se entiende por **escenarios** los múltiples relatos o modelos del futuro que se utilizan para explorar vías prospectivas alternativas y las múltiples repercusiones plausibles de una intervención actual en el futuro.

El **examen prospectivo** consiste en buscar e investigar señales de cambio en el presente y su posible repercusión posterior.

Un **indicador** es una medición que refleja el estado o el nivel de un fenómeno determinado.

Una **innovación** supone hacer algo nuevo y diferente, ya sea resolver un problema existente de una nueva forma, abordar un nuevo problema con una solución comprobada o aportar una solución nueva a un problema nuevo³. Los tipos de innovación constan de innovaciones tecnológicas, sociales, normativas, institucionales y financieras, así como adaptaciones de métodos arraigados (por ejemplo, indígenas) a aplicaciones a mayor escala, como ocurre con algunos enfoques agrícolas sostenibles (por ejemplo, la agroecología). En el contexto de los sistemas

agroalimentarios, la innovación se emplea como verbo (innovar) en referencia al proceso por el cual las personas, las comunidades o las organizaciones generan cambios en la elaboración, la producción o el reciclaje de bienes y servicios, así como cambios en el entorno institucional próximo, que se consideran una novedad en sus contextos y fomentan la transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Asimismo, se emplea como sustantivo para hacer referencia a los cambios que genera dicho proceso. La innovación comprende cambios en las prácticas, las normas, los mercados y los mecanismos institucionales, lo que puede fomentar nuevas redes de producción, elaboración, distribución y consumo de alimentos que, a su vez, pueden llegar a cuestionar el *statu quo* (GANESAN, 2019).

La **innovación agrícola** es el proceso mediante el cual las personas u organizaciones introducen por primera vez en un determinado contexto el uso de productos, procesos o formas de organización con el fin de aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia ante las crisis o la sostenibilidad ambiental, contribuyendo así a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición, el desarrollo económico o la gestión sostenible de los recursos naturales (FAO, 2019).

Los **sistemas agroalimentarios** abarcan toda la gama de actores y sus actividades interconexas de adición de valor en la obtención primaria de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios, así como en el almacenamiento, el acopio, la manipulación poscosecha, el transporte, la elaboración, la distribución, la comercialización, la eliminación y el consumo de todos los productos alimentarios, incluidos aquellos que no son de origen agrícola.

La **tecnología** supone la aplicación de la ciencia y los conocimientos a la elaboración de técnicas con el objeto de obtener un producto o servicio nuevo o emplear un proceso nuevo para obtener un producto o servicio establecido⁴. Las tecnologías surgen a veces fortuitamente, pero lo más habitual es elaborarlas intencionadamente, por lo que se imbrican en las relaciones sociales, económicas y ambientales y ejercen influencia en ellas.

1 Conferencia de la UNESCO, Recomendación sobre la Ciencia y los Investigadores Científicos, 2017, párr. 1 a) i).

2 Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, Observación general n.º 25 relativa a la ciencia y los derechos económicos, sociales y culturales, del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 2020 (párr. 39).

3 UN Innovation Toolkit, 2019. <https://www.uninnovation.network/un-innovation-toolkit>.

4 Adaptado del documento A/74/238. Tecnología agrícola para el desarrollo sostenible. Informe del Secretario General. 74. período de sesiones.

RESUMEN

Cada vez se reconoce más que el mundo debe acelerar y reorientar la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles para alcanzar una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor sin dejar a nadie atrás, como se pone de relieve en el Marco estratégico de la FAO para 2022–2031. Las cuatro mejoras reflejan las interconexiones entre las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible, que son inherentes a los sistemas agroalimentarios e incorporan no solo la producción primaria procedente de explotaciones agrícolas, pesquerías y bosques, sino también la industria manufacturera y los servicios, a los que corresponde más del 70 % del valor añadido del gasto de los consumidores en alimentos; las repercusiones en las dietas de los consumidores en materia de nutrición y salud y los efectos de retroalimentación en el entorno natural que sustenta todas las funciones humanas y naturales en la totalidad de los sistemas agroalimentarios. El objetivo de la transformación de estos sistemas es producir más alimentos con menos insumos, en atención al crecimiento inminente de la demanda al tiempo que se mejora o incluso se invierte el impacto ambiental adverso de tales sistemas en el clima, la biodiversidad, los bosques, los suelos y el agua; se reducen la pérdida y el desperdicio de alimentos, así como los precios, para ampliar el acceso a dietas asequibles y saludables; se crean nuevas oportunidades de subsistencia y se promueve la inclusividad social para eliminar la pobreza extrema.

Para transformar los sistemas agroalimentarios a fin de lograr las cuatro mejoras es preciso prestar más atención al desarrollo, la adaptación y la difusión de la ciencia, tecnología e innovación de gran repercusión. Los actuales niveles y pautas de adopción de estas no son adecuados para facilitar la necesaria transformación de los sistemas agroalimentarios, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. Además, los datos descriptivos y de evaluación sobre las formas actuales e incipientes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios tampoco se comprenden suficientemente bien para que sea posible gestionarlas deliberadamente a fin de cumplir los múltiples objetivos de los futuros sistemas agroalimentarios: eficiencia, inclusividad, resiliencia y sostenibilidad. Así ocurre especialmente con respecto a las innovaciones tecnológicas,

sociales, normativas, financieras e institucionales que se necesitan para liberar el potencial de las tecnologías basadas en la ingeniería y en la ciencia. En vista de los plazos prolongados que necesitan la ciencia, la tecnología y la innovación para tener repercusión en la sociedad, se precisan medidas inmediatas para reorientarlas a fin de que hagan algo más que reforzar las pautas anteriores.

En este informe se presentan la visión, la justificación, el alcance y los métodos de los nuevos productos de conocimiento que la FAO activará en el marco de la nueva publicación ATIO. Esta será una tarea de gran alcance y una iniciativa novedosa dirigida por la FAO con el apoyo de varios asociados fundamentales a escala mundial. Planteará un proceso iterativo encaminado a elaborar una nueva publicación bienal de la FAO acompañada de publicaciones complementarias ocasionales centradas en temas concretos y con una base de datos de libre acceso que se actualizará periódicamente. Su objetivo es gestionar la información existente sobre el actual estado mensurable de la ciencia, la tecnología y la innovación y los cambios que se avecinan, así como su potencial de transformación, de modo que sirva para fomentar el diálogo y las decisiones en materia de políticas con base empírica, en particular en lo que respecta a las inversiones. Los encargados de formular políticas y sus asesores, junto con los inversores públicos, privados y filantrópicos que financian la investigación y el desarrollo (I+D) en materia de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios, necesitan mensajes no técnicos claros y sustentados en datos científicos sólidos, incluidos datos de libre acceso para la adopción de decisiones y la planificación de las inversiones. Sin embargo, los datos y los análisis se encuentran actualmente muy dispersos y son difíciles de sintetizar y es difícil acceder a ellos por los encargados de adoptar decisiones que necesitan una visión panorámica del conjunto de sistemas agroalimentarios que abarque el estado actual y las perspectivas futuras. ATIO consolidará los datos y análisis procedentes de una multitud de fuentes en un conjunto de datos integrados y de proyección práctica dirigidos a los principales responsables de la adopción de decisiones relativas a los sistemas agroalimentarios de todo el mundo. Inevitablemente, llevará tiempo la labor de determinar, normalizar y negociar el libre acceso a las fuentes de datos y su ulterior

gestión para que tengan una dimensión práctica al tiempo que se garantiza la calidad de estos.

Dentro de esa labor, ATIO también prestará atención a importantes lagunas de información y datos a las que podría merecer la pena dirigir nuevos esfuerzos concertados. ATIO será de utilidad para promover, por ejemplo, un mayor volumen o formas distintas de inversión en I+D en materia de sistemas agroalimentarios o reformas institucionales y normativas, y puede contribuir a orientar el establecimiento de prioridades por parte de entidades privadas y públicas. Se espera que ATIO se convierta en una publicación periódica esencial y una fuente de datos de libre acceso sobre la manera en que la ciencia, las tecnologías y las innovaciones pueden cambiar los actuales sistemas agroalimentarios y, efectivamente, los cambian, transformándolos para hacerlos más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles. Puede que lo más importante sea que ATIO aprovechará la inigualable capacidad de convocatoria de la FAO en torno a los sistemas agroalimentarios a escala mundial para contribuir a entablar conversaciones sociales productivas sobre el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en la transformación de los sistemas agroalimentarios fomentando la inclusión y la transparencia en el sector socioeconómico del que depende a diario todo ser humano.

El rasgo distintivo de ATIO será la elaboración de productos de conocimiento que ofrezcan conjuntamente una cobertura integral del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios en todo el mundo. El ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación se divide en cuatro fases fundamentales. La primera de ellas se refiere a los insumos, es decir las inversiones, el personal, las políticas y otros factores que generan nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación. La segunda fase, de formas preincipientes de ciencia, tecnología e innovación, tiene lugar cuando los avances científicos básicos y aplicados dan lugar a nuevas ideas, materiales, métodos y procesos que resultan prometedores, pero todavía no son accesibles en el mundo real para su uso sin control. La tercera fase, de formas incipientes, se refiere al período que comienza cuando las nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación empiezan a ser utilizadas cotidianamente por agentes y empresas de los sistemas agroalimentarios al

margen del control de investigadores externos, si bien el carácter de esas formas sigue siendo suficientemente novedoso para que todavía no se tenga un registro sistemático de su difusión. La fase final o de formas maduras se refiere al momento en que la ciencia, la tecnología y la innovación llevan usándose en el mundo real con una duración y una amplitud suficientes para que sea viable hacer un seguimiento sistemático de su difusión. Muchas formas maduras de ciencia, tecnología e innovación terminan quedándose obsoletas o se ven desplazadas por una nueva generación de formas conforme estas maduran.

Cada fase del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación exige métodos particulares de recopilación, análisis y gestión de los datos y comporta distintos métodos de síntesis de los datos obtenidos con fines de evaluación de la repercusión. ATIO dará seguimiento a toda tecnología o innovación desde el momento en que su adaptación o combinación en los sistemas agroalimentarios quede de manifiesto en las publicaciones científicas e industriales, aunque solo sea como esfera de aplicación hipotética, o en la práctica en el mundo real. El desafío reside en que ATIO solo gestiona y analiza datos existentes de antemano sin proceder de cero a ningún tipo de recopilación de datos primarios, por lo que depende de sistemas de datos existentes. De ese modo, otra función valiosa de la línea más amplia de productos de conocimiento basados en ATIO consiste en la determinación de lagunas de datos esenciales que podrían subsanarse mediante nuevos sistemas de recopilación de datos primarios que, a su vez, podrían incorporarse en ATIO. Un examen exhaustivo de las fuentes de datos que cumplen una serie de criterios de inclusión esenciales indica, por ejemplo, que existen muy pocos datos e información sistemáticos en relación con las innovaciones dirigidas por agricultores, las innovaciones sociales y normativas (a diferencia de las tecnologías con base científica o de ingeniería) y las fases de las cadenas de valor agroalimentarias intermedias y centradas en los consumidores. Con ello, ATIO puede servir de base a las decisiones relativas no solo a las inversiones y las políticas, sino también a las opciones en materia de recopilación y análisis de datos de que disponen las organizaciones de investigación y de políticas.

El atractivo de un producto que ofrece una cobertura integral detallada del ciclo de vida de

las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios también plantea un desafío considerable. El inventario de las existencias de insumos adecuados para la ciencia, la tecnología y la innovación y de los conjuntos de datos maduros en ese ámbito que cumplen los criterios de inclusión esenciales es relativamente corto y especialmente escaso en lo que se refiere a las tecnologías posteriores a la explotación agrícola y a innovaciones financieras, institucionales, sociales y normativas relativas a tecnologías de producción primaria basadas en las ciencias naturales y la ingeniería, y raras veces da cabida a la ciencia, la tecnología y la innovación originadas al margen de vías de investigación más formales. ATIO puede ayudar a ampliar, normalizar y actualizar la cobertura de los principales indicadores aportando un tablero de control mejorado para ayudar a las organizaciones públicas, privadas y filantrópicas a sortear los futuros desafíos y oportunidades planteados por los sistemas agroalimentarios. Además, los conjuntos de datos existentes se centran acusadamente en las fases primera y final (los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación y fase de madurez), y son notables las carencias correspondientes a las fases preincipiente e incipiente. Para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios es preciso prestar bastante más atención a estas fases intermedias críticas, sobre todo para ayudar a acortar las apreciables demoras en el paso de las inversiones iniciales en I+D a la ampliación a escala mundial de nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación con repercusión entre los agentes de los sistemas agroalimentarios. Por último, existen pocas síntesis de los datos disponibles derivados de evaluaciones de la repercusión de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, y son difíciles de encontrar.

ATIO también ofrecerá un repositorio de síntesis de datos esenciales derivados de evaluaciones de la repercusión de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, desde evaluaciones *ex ante* de tecnologías preincipientes hasta evaluaciones *ex post* de la repercusión de las formas incipientes y maduras de ciencia, tecnología e innovación, tanto de manera individual como en conjuntos adaptados al contexto de sistemas agroalimentarios específicos. ATIO ofrecerá un portal que abarcará exámenes sistemáticos

y del alcance, y metaanálisis estadísticos, es decir, del conjunto de datos derivados de las evaluaciones de la repercusión que arrojan luz sobre lo que previsiblemente va a funcionar o lo que efectivamente funciona, así como dónde y en qué condiciones. Esos datos son de los que más útiles resultan a los organismos que disponen de recursos limitados, tal vez especialmente en el caso de los que operan en países de ingresos medios y bajos. ATIO también puede ayudar a determinar las lagunas de datos esenciales que necesitan de forma urgente evaluaciones de la repercusión para generar síntesis de datos con dimensión práctica, lo cual contribuye a determinar bienes públicos internacionales fundamentales cuya oferta sea insuficiente.

Cada edición de ATIO se preparará conforme a un ciclo de dos años y aparecerá como publicación bienal. Una vez se hayan establecido el equipo, los protocolos y las plataformas electrónicas básicos de ATIO se publicará la edición inaugural. También es posible que, entre una edición ordinaria y la siguiente, se publiquen ediciones complementarias más breves dedicadas a cuestiones secundarias destacadas. Cada año se actualizarán con frecuencia los portales donde figuren síntesis de información y datos de libre acceso.

Como organismo especializado de las Naciones Unidas que dirige la labor internacional dirigida a erradicar el hambre, incumbe a la FAO la responsabilidad especial de contribuir a la formación y el asesoramiento de las instancias decisorias públicas y privadas a fin de acelerar la necesaria transformación de los sistemas agroalimentarios a escala mundial, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. No cabe duda de que los sistemas agroalimentarios de hoy se transformarán, pero el ritmo, la orientación y la repercusión de la transformación pueden y deben verse influidos por datos con una dimensión práctica. Actualmente, el mundo carece de datos de calidad y análisis comprobados científicamente con una integración suficiente en el ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios y con cobertura mundial para fomentar el diálogo constructivo sobre políticas y propiciar un aumento de la inversión en estos aspectos, que se necesita con urgencia, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. ATIO representa una contribución destacada al respecto.

GUYANA

Herman Phillips, de 63 años, ha llevado una existencia en la subsistencia en la región de Rupununi. Cree que tal es su derecho natural como indígena en Rupununi. Pesca, usa arco y flechas, redes y cañas, y caza en el bosque.

CAPÍTULO 1

¿POR QUÉ ATIO?

Los humanos llevamos por lo menos 10 000 años alterando la naturaleza, con gran éxito agronómico y económico, para producir más alimentos en busca de mejoras en la vida y los medios de subsistencia de una población en aumento. La producción agrícola mundial se ha multiplicado aproximadamente por cuatro durante el último medio siglo, lo cual supera con mucho el ritmo de crecimiento demográfico de la humanidad, mientras que la productividad total de los factores (es decir, la producción por insumo unitario) se ha doblado aproximadamente durante ese mismo período, pese a la oposición considerable del cambio climático (Keating *et al.*, 2014; Ortiz-Bobea *et al.*, 2021). De no haber sucedido nunca la Revolución Verde de los decenios de 1960 a 1980, las mejores estimaciones indican que los ingresos per cápita del mundo en desarrollo se situarían hoy en apenas la mitad de su nivel actual (Gollin *et al.*, 2021). Los cerca de 60 000 millones de USD invertidos la última mitad de siglo en investigación y desarrollo (I+D) por el Sistema del CGIAR (CGIAR), la red mundial de centros de investigación agrícola, han registrado una razón beneficio/costo estimada en 10 o más, lo cual supera con creces el rendimiento de la mayor parte del resto de inversiones (Alston *et al.*, 2022). Los enormes aumentos de la productividad económica y agrícola no proceden solo de avances biofísicos y de ingeniería, sino también de innovaciones institucionales y normativas que estimulan la acumulación de capital humano, natural, físico y social, y reducen el riesgo, los obstáculos a los intercambios y la concentración de poder económico y político en manos de unos pocos (Acemoglu, Johnson y Robinson, 2005).

Sin embargo, esos aumentos han tenido un costo mayor en forma de efectos secundarios adversos en el clima, los entornos naturales, la salud pública y la nutrición y la justicia social. Esas consecuencias

no deseadas de la búsqueda casi exclusiva del crecimiento de la productividad agrícola, sumadas al auge de cuestiones relativas a la sostenibilidad de los beneficios agronómicos y económicos conforme a un modelo inmovilista, han alimentado las crecientes reclamaciones de que se acelere y reoriente la transformación de los sistemas agroalimentarios. En diversos informes y reuniones de alto nivel que culminaron recientemente en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios de 2021 se ha hecho un llamamiento a atender las necesidades acuciantes de las personas y el planeta acelerando la transformación hacia sistemas agroalimentarios saludables, equitativos, resilientes y sostenibles (GloPan, 2016, 2020; Haddad *et al.*, 2016; IPCC, 2019; IPBES, 2019; Messerli *et al.*, 2019; Willett *et al.*, 2019; Herrero *et al.*, 2020; FAO, 2021, 2022; GANESAN, 2020; Barrett, 2021a; von Braun *et al.*, 2021; Barrett *et al.*, 2022a).

Así pues, como organismo de las Naciones Unidas especializado en la alimentación y la agricultura, la FAO se compromete en su Marco estratégico para 2022–2031 a respaldar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible mediante la “transformación hacia sistemas agroalimentarios MÁS eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles, para conseguir una *mejor producción*, una *mejor nutrición*, un *mejor medio ambiente* y una *vida mejor* sin dejar a nadie atrás” (FAO, 2021). Las *cuatro mejoras* reflejan las interconexiones características de los sistemas agroalimentarios y los tres pilares de la sostenibilidad (económica, social y ambiental). Los sistemas agroalimentarios abarcan toda la gama de actores y sus actividades interrelacionadas de adición de valor en la producción primaria de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios, así como en el almacenamiento, el acopio, la manipulación poscosecha, el transporte, la elaboración, la distribución, la comercialización, la

eliminación y el consumo de todos los productos alimentarios, incluidos aquellos que no son de origen agrícola. Los sistemas agroalimentarios tienen una amplia gama de repercusiones, que afectan a cada Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de forma directa o indirecta (Herrero *et al.*, 2021).

El desarrollo y despliegue estratégicos de ciencia, tecnología e innovación constituyen un factor central propicio a la transformación de los sistemas agroalimentarios y, en última instancia, contribuyen a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y las tres dimensiones interrelacionadas de la sostenibilidad (FAO, 2021). La ciencia, la tecnología y la innovación existentes tienen gran repercusión, pero su uso efectivo presenta deficiencias caracterizadas por problemas en materia de idoneidad, accesibilidad y asequibilidad. El aprovechamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación para los sistemas agroalimentarios presenta otros problemas que van de la falta de información sobre la gama completa de innovaciones tecnológicas, sociales, normativas, financieras e institucionales de que se dispone a la insuficiencia de la inversión en investigación y en insumos esenciales en este ámbito, la falta de correspondencia tecnológica para muchas pequeñas y medianas empresas de sistemas agroalimentarios (incluidos productores en pequeña escala y otras personas y empresas que carecen de recursos suficientes), deficiencias en el uso de la ciencia y los datos para adoptar decisiones y la insuficiencia de información para el establecimiento de prioridades en materia de políticas en los países de ingresos medios y bajos⁵.

La FAO reconoce que los países tienen desafíos, necesidades y capacidades diferentes con respecto a la ciencia, la tecnología y la innovación, en particular en relación con la infraestructura, los niveles de educación y las capacidades técnicas. Al mismo tiempo, existen desafíos comunes importantes en los planos nacional, regional y mundial. Abordar estos desafíos requiere esfuerzos coordinados de una serie de actores, y la FAO desempeña una función esencial en el suministro de bienes públicos mundiales, conocimientos,

orientación, coordinación y coherencia entre las políticas. En este contexto, la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación (FAO, 2022) se ha designado como instrumento fundamental de apoyo a la aplicación del Marco estratégico para 2022–2031 (FAO, 2021).

Un esfuerzo coordinado que urge emprender se refiere al seguimiento y la evaluación ampliados y actualizados de la ciencia, la tecnología y la innovación. No solo son inadecuados los actuales niveles y pautas de la ciencia, la tecnología y la innovación para facilitar las transformaciones de los sistemas agroalimentarios necesarias; los datos descriptivos de dichos niveles y pautas no se comprenden en suficiente medida para poder gestionar deliberadamente la ciencia, la tecnología y la innovación a fin de cumplir los múltiples objetivos de los futuros sistemas agroalimentarios (eficiencia, inclusividad, resiliencia y sostenibilidad), sobre todo en los países de ingresos medios y bajos. En vista de los plazos prolongados que necesitan la ciencia, la tecnología y la innovación para tener repercusión en la sociedad, su reorientación para que hagan algo más que reforzar las pautas anteriores exige medidas inmediatas. En consecuencia, el seguimiento de los progresos en el logro del objetivo de transformación de los sistemas alimentarios obliga a vigilar las formas de ciencia, tecnología e innovación que impulsan las transformaciones de los sistemas, pero actualmente se carece de datos de calidad suficientemente integrados que midan la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios y de análisis comprobados científicamente de las repercusiones de estas en dichos sistemas, o solo se dispone de datos de ese tipo que no están integrados en la totalidad del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación o que, cuando existen, están fragmentados, son incompletos y a menudo resultan difíciles de encontrar en un mundo de datos en rápida expansión. Las deficiencias de datos y de análisis son especialmente marcadas en relación con las innovaciones que no se originan en sistemas de investigación formal basados en la ingeniería y las ciencias naturales, incluidas las innovaciones sociales, institucionales y normativas, así como los descubrimientos originados en conocimientos indígenas o experimentos informales llevados a cabo por agricultores, empresarios, comunidades, etc.

⁵ Se utilizó la lista del Banco Mundial de países de ingresos medios y bajos que figura en <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>.

De ahí los nuevos productos de conocimiento propuestos, con los que se pretende aportar cobertura de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios para la totalidad del ciclo de vida de estas. El papel de la FAO consiste en prestar apoyo a los países en la determinación, la aplicación experimental y la ejecución a escala de tecnologías e innovaciones adaptadas a sus necesidades y contextos, reconociendo que resulta especialmente difícil debido a las limitaciones específicas a las que se enfrenta un enorme número de productores en pequeña escala de todo el mundo, en particular las mujeres. En apoyo de ese papel, la FAO elaborará y pondrá en marcha un estudio sobre nuevas perspectivas centrado en una mejor comprensión en materia de adopción de tecnologías e innovaciones, titulado *Perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios (ATIO)*.

Conviene hacer mención especial de varios aspectos que se presentan en esta edición de ATIO. En primer lugar, en vista de que las necesidades, prioridades y capacidades en materia de ciencia, tecnología e innovación difieren considerablemente de un país a otro, ATIO debe registrar los correspondientes progresos en el plano nacional. Además, en vista de que la transformación de los sistemas agroalimentarios más acuciente debe tener lugar en los actuales países de ingresos medios y bajos, el seguimiento debe prestarles especial atención. El crecimiento de los ingresos y de la población, junto con la urbanización, son los factores más determinantes del futuro incremento de la demanda de alimentos. En vista de las diferencias actuales y previstas de esos índices de una región del mundo a otra y de sus niveles iniciales de ingresos inferiores, Asia constituye a corto plazo el principal foco de incremento de la demanda de alimentos (Fukase y Martin, 2020), mientras que desde una perspectiva más lejana que se extiende hasta finales del actual siglo, al menos la mitad del incremento mundial de la demanda de alimentos corresponderá al África subsahariana (Valin *et al.*, 2014; Barrett, 2021a; Barrett *et al.*, 2022a). En vista de que más del 70 % de los alimentos consumidos procede de la producción primaria del país en el que se consumen (d'Odorico *et al.*, 2014), la geografía del incremento de la demanda de alimentos obliga inevitablemente a transformar la totalidad de los

sistemas agroalimentarios en los países de ingresos medios y bajos, desde la producción primaria hasta el procesamiento y la distribución, y los entornos alimentarios del consumidor final.

Gran parte de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios procede de países de ingresos altos y de ahí llega a países de ingresos medios y bajos. Actualmente, corresponde a los países del Grupo de los Veinte (G-20) cerca del 90 % del gasto total en investigación, publicaciones y patentes, y el 80 % de los países invierte menos del 1 % de su producto interno bruto (PIB) en I+D, en su mayor parte países de ingresos medios y bajos (UNESCO, 2021). Además, las innovaciones en los países de ingresos altos (por ejemplo, normas privadas o públicas para productos que afectan al comercio o la oposición política o popular a determinadas tecnologías nuevas) pueden afectar a mercados y políticas de gran pertinencia para los países de ingresos medios y bajos, aunque los volúmenes de comercio permanezcan relativamente bajos; la mayor parte de los años, a razón de menos de un cuarto del total de los alimentos consumidos a escala mundial (d'Odorico *et al.*, 2014). Las repercusiones transfronterizas de la ciencia, la tecnología y la innovación obligan a examinar a todos los países en conjunto y no solo en condiciones de ámbito nacional. En consecuencia, ATIO debe poner de manifiesto a la vez los datos nacionales, especialmente en los países de ingresos medios y bajos, donde los problemas en materia de datos están especialmente marcados (véase la Sección 4), y las formas pertinentes de ciencia, tecnología e innovación, independientemente de la parte del mundo en que tengan lugar.

En segundo lugar, la FAO no propone un informe principal que ofrezca únicamente un balance de los datos descriptivos del estado actual de los sistemas agroalimentarios. No cabe duda de que las evaluaciones del estado actual de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios de cada país son valiosas y necesarias. Asimismo, resultan sorprendentemente difíciles de llevar a cabo en vista de que los datos están incompletos y son incoherentes (véase la Sección 8). Sin embargo, distan mucho de ser suficientes las descripciones del actual estado mensurable de la ciencia, la

tecnología y la innovación, en vista de que las repercusiones transformadoras solo surgen con demoras considerables. El desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios tarda normalmente uno o dos decenios, cuando no más, desde la concepción, la aplicación experimental y la difusión hasta lograr repercusiones mensurables a escala (Alston y Pardey, 2021). Para prestar apoyo a los aceleradores esenciales de la ampliación a escala de la ciencia, la tecnología y la innovación que pudieran tener gran repercusión (Herrero *et al.*, 2020; Barrett *et al.*, 2022a), los encargados de formular políticas deben prever los cambios que se avecinan y planificar en consecuencia.

Por consiguiente, ATIO debe ir más allá de la valiosa recopilación de datos que lleva a cabo hoy en día la Base de datos estadísticos sustantivos de la FAO (FAOSTAT) en relación con los actuales estados observables de formas maduras de ciencia, tecnología e innovación o de inversiones en I+D dirigidas a generar ulteriormente formas maduras de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. ATIO debe complementar esas actividades de contabilidad habituales con una ampliación de la cobertura de los datos que alcance las formas de ciencia, tecnología e innovación posteriores a la explotación agrícola y las innovaciones financieras, institucionales, sociales y normativas en relación con las cuales existen pocos conjuntos de datos de calidad. Asimismo, es fundamental ampliar la cobertura para incorporar exámenes prospectivos de las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación y previsiones sobre el futuro incierto de los sistemas agroalimentarios y las vías de repercusión que podrían seguir diversas formas de ciencia, tecnología e innovación en desarrollo.

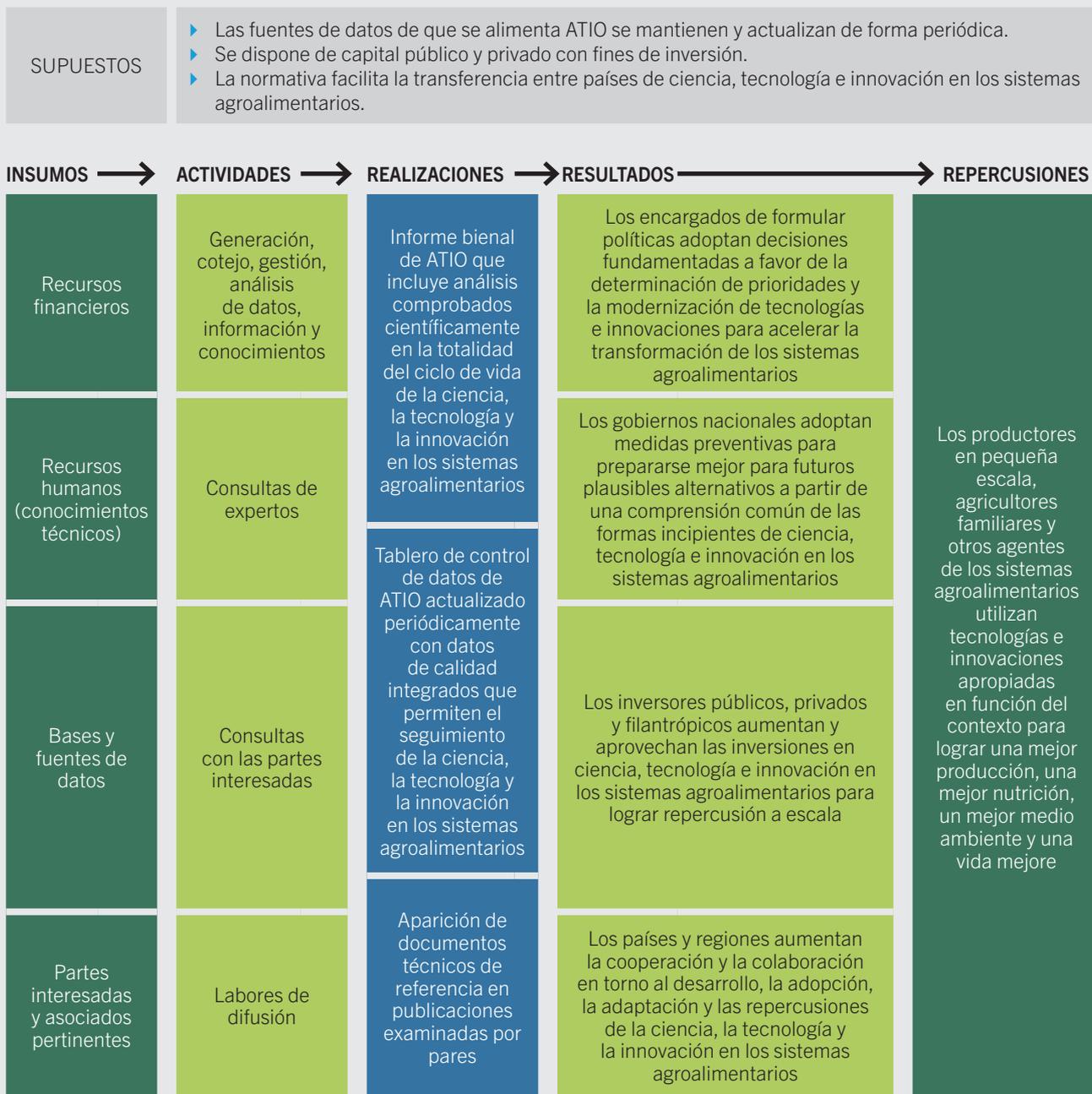
Es preciso llevar a cabo labores de previsión y examen prospectivo porque la compleja interacción de los sistemas humanos y naturales, combinada con el carácter sumamente descentralizado y en gran medida descoordinado de la adopción de decisiones en la totalidad de los sistemas alimentarios interconectados, genera una amplia gama de futuros posibles (Barrett *et al.*, 2021a, 2022a). Los enfoques prospectivos y basados en hipótesis ayudan a las partes interesadas a explorar esas posibles vías

dirigidas a obtener los resultados deseados y evitar los no deseados (O'Neill *et al.*, 2014; Fricko *et al.*, 2017; Barrett *et al.*, 2021a; Lentz, 2021; Zurek *et al.*, 2021). Así pues, ATIO hará hincapié no solo en la contabilización exhaustiva de los insumos mensurables para el desarrollo de futuras formas de ciencia, tecnología e innovación con repercusión en el ámbito de los sistemas agroalimentarios (Sección 5), como inversiones en I+D agrícola, o para la difusión de formas que ya se están utilizando; ATIO también debe determinar las formas preincipientes (Sección 6) y recientemente incipientes (Sección 7) que plantean dificultades de medición aún mayores que los insumos o las formas ya maduras (Sección 8), así como documentar los avances al respecto y evaluarlas.

La historia ha demostrado una y otra vez que los humanos pueden alterar radicalmente la trayectoria de los sistemas agroalimentarios, pero solo es posible gestionar aquello que es objeto de seguimiento. En consecuencia, es importante la información que sirve de base a las medidas adoptadas por destacados agentes de los sectores público y privado. ATIO se concentra en la recopilación de datos de calidad para contribuir a fundamentar la labor de las instancias decisorias.

En tercer lugar, la combinación de la necesidad de previsiones y análisis de hipótesis a escala nacional con las evaluaciones de ámbito mundial supone que ATIO debe abordar expresamente la heterogeneidad considerable que presentan los sistemas agroalimentarios de un país a otro y dentro de un mismo país. Ello es especialmente cierto para atender las necesidades de los productores en pequeña escala, las mujeres y otros grupos marginados, cuyo interés en la ciencia, la tecnología y la innovación a menudo se pasa por alto, aunque constituyen el grueso de las partes interesadas en los sistemas agroalimentarios a causa tanto de su gran dependencia de las actividades de las cadenas de valor agroalimentarias como de la importancia de los alimentos en los presupuestos de los consumidores pobres. ATIO debe tener en cuenta los contextos específicos y la adecuación de la idoneidad, la adaptación y la difusión previsibles y observables, aunque a veces no deliberadas, de la ciencia, la tecnología y la innovación, así como las repercusiones diferenciadas, los

FIGURA 1 TEORÍA DEL CAMBIO EN ATIO



riesgos y las consecuencias no buscadas de las formas incipientes de estas en los sistemas agroalimentarios. Ello exige obligatoriamente prestar atención a cuestiones reglamentarias, éticas,

de género, sociales, ambientales y normativas de los ámbitos nacional, regional y mundial.

1.1 TEORÍA DEL CAMBIO EN ATIO

ATIO se concibe como elemento clave para facilitar el logro de la aspiración expuesta en la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación (FAO, 2022). Su objetivo general es aportar información existente sobre el actual estado mensurable de la ciencia, la tecnología y la innovación y los cambios que probablemente se avecinan, así como su potencial de transformación, de modo que sirva para fomentar el diálogo y las decisiones en materia de políticas con base empírica, en particular en lo que respecta a las inversiones. ATIO registrará los progresos de la ciencia, la tecnología y la innovación a escala nacional y prestará especial atención a los países de ingresos medios y bajos, donde los datos plantean dificultades especialmente acusadas. En vista de que las repercusiones transfronterizas de la ciencia, la tecnología y la innovación obligan a examinar a todos los países en conjunto y no solo en condiciones de ámbito nacional, ATIO pondrá de relieve las formas pertinentes de ciencia, tecnología e innovación, independientemente de la parte del mundo en que tengan lugar.

Las decisiones fundamentadas necesitan indicadores en la totalidad del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, desde las inversiones iniciales (en fondos para I+D, personal científico y recursos materiales, como laboratorios, colecciones de recursos genéticos, agricultores y plataformas para agricultores, por ejemplo escuelas de campo para agricultores y patios traseros para la tecnología) hasta el perfeccionamiento y la adaptación de las ideas iniciales y su ensayo inicial, el surgimiento y la ampliación en aras de una difusión amplia de sus formas maduras, al menos en algunos lugares. ATIO facilitará constantemente a los encargados de formular políticas, los directores de investigación, las organizaciones donantes, la sociedad civil y las partes interesadas del sector privado datos de libre acceso fiables y actualizados, con inclusión de información sobre el estado, la orientación y las repercusiones de la ciencia,

la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios en distintas etapas de preparación y los posibles cambios futuros de las pautas de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios en los planos mundial, regional y nacional para facilitar la determinación de deficiencias fundamentales y esferas desatendidas, así como fijar futuras prioridades en materia de inversión. ATIO complementará la valiosa recopilación de los datos con exámenes prospectivos de formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios; previsiones de las vías de repercusión que podrían seguir diversas formas de estas en desarrollo; y síntesis de los datos disponibles sobre sus repercusiones. Esos análisis contribuirán a que las partes interesadas participen en debates significativos para llegar a un entendimiento común de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios y su posible orientación futura.

ATIO coordinará y recopilará información, síntesis de datos, consultas de expertos e investigaciones técnicas revisadas por pares para generar colectivamente un conjunto de datos y análisis de uso fácil a fin de informar mejor a las partes interesadas que pretenden emplear la ciencia, la tecnología y la innovación para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios. También contribuirá a fomentar la colaboración Sur-Sur y triangular en este ámbito. Además del valor de los productos de ATIO, el proceso de investigación necesario para producir y actualizar la publicación puede mejorar las relaciones de los expertos con destacadas partes interesadas y ayudar a crear conciencia de las cuestiones relativas a la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios y a estimular la inversión y la adopción de medidas para hacer que estos sistemas sean más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles.

La teoría del cambio de ATIO expone la posible contribución de la publicación a acelerar la transformación mundial de los sistemas agroalimentarios, especialmente en los países de ingresos medios y bajos, ayudar a las partes interesadas a superar las limitaciones en materia de disponibilidad, análisis y visibilidad de los datos sobre las formas de ciencia, tecnología e innovación, así como de coordinación y acceso a expertos en esta

esfera y determinar los resultados que contribuirán a esta transformación (véase la [Figura 1](#)).

Las vías de repercusión de ATIO vienen determinadas por la labor orientada a que el contenido del informe periódico, los datos actualizados periódicamente y los materiales técnicos de referencia examinados por pares y preparados dentro del proceso de la publicación (en conjunto, los resultados de ATIO que impulsan el cambio) sean accesibles y utilizables, y a que los posibles usuarios sepan utilizar los productos y conozcan sus puntos fuertes y sus limitaciones. La labor directa de divulgación de datos y publicaciones, las consultas con las partes interesadas y las consultas de expertos ofrecerán procesos específicos con plazos determinados para convertir los productos de ATIO en resultados concretos, mientras que el tablero de control de los datos ofrecerá un recurso digital bajo demanda al que las partes interesadas podrán acceder cuando deseen.

ATIO contribuirá a los tres pilares de la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación:

PILAR 1

Fortalecimiento de la adopción de decisiones basadas en datos científicos y objetivos.

PILAR 2

Apoyo a la innovación y la tecnología a nivel regional y nacional.

PILAR 3

Refuerzo de las capacidades de la FAO para prestar servicios más adecuados a los Miembros.

ATIO contribuirá directamente al Pilar 1 mediante mejoras en la recopilación de datos y su gestión en aras de una adopción de decisiones fundamentadas, conocimientos sobre las tecnologías e innovaciones incipientes y la colaboración con partes interesadas y actores del ecosistema de innovación de los sistemas agroalimentarios. Las actividades de ATIO contribuirán al Pilar 2 aportando insumos cruciales que brindarán apoyo al desarrollo y la adopción de tecnologías e innovaciones a escala nacional y fomentarán las sinergias entre regiones mediante aprendizaje mutuo y cooperación interregional en torno a cuestiones esenciales de interés común. ATIO contribuirá al Pilar 3 potenciando la gestión de los conocimientos, la labor de difusión y las consultas con partes interesadas y expertos

para crear y mejorar redes de colaboración con los principales agentes de los sistemas agroalimentarios y el público general, y entre ellos.

El logro de estos resultados y efectos exigirá labores e inversiones sustantivas complementarias al margen de ATIO. Deberán concurrir muchos factores (“supuestos”, según la terminología de la teoría del cambio) para que la labor de ATIO de recopilación de datos contribuya en última instancia a la obtención de los resultados perseguidos y las repercusiones deseadas. Estos factores comprenden algunos de carácter interno, como fuentes de datos que se incorporan en ATIO y se mantienen y actualizan de forma periódica, y otros de carácter externo, como el capital público y privado disponible con fines de inversión y la existencia de un entorno reglamentario apropiado para facilitar la transferencia entre países de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Ello garantizaría que la innovación se posibilitara en escalas diversas (regional, nacional, subnacional, etc.). También presupone que las instancias decisorias examinarán a conciencia los datos recopilados y generados a través de ATIO y actuarán en consecuencia.

Así pues, ¿por qué debería la FAO invertir en un producto periódico como ATIO? Porque como organismo especializado de las Naciones Unidas que dirige la labor internacional encaminada a erradicar el hambre, tiene una responsabilidad especial, y cuenta con una capacidad de convocatoria sin parangón, a efectos de integrar y elaborar fuentes y análisis de los datos que podrían ofrecer una fundamentación útil a las instancias decisorias públicas y privadas. No cabe duda de que los sistemas agroalimentarios de hoy se transformarán, pero el ritmo, la orientación y la repercusión de la transformación pueden y deben verse influidos por datos con una dimensión práctica. Actualmente, el mundo carece de datos de calidad y análisis comprobados científicamente suficientemente integrados en el ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios para fomentar el diálogo constructivo sobre políticas y propiciar un aumento de la inversión en estos aspectos, que se necesita con urgencia, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. ATIO puede aportar una contribución útil al respecto.



SENEGAL

Hombres y mujeres de la comunidad trabajan en el vivero creado en una aldea en el marco de la Iniciativa de la Gran Muralla Verde.

CAPÍTULO 2

FRONTERAS DE ATIO Y COBERTURA DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

ATIO no puede ocuparse de todo. Sus fronteras deben trazarse concienzudamente. Se considera que deben trazarse fronteras en relación con tres esferas esenciales.

En primer lugar, es preciso centrarse en los sistemas agroalimentarios. Existen ya productos reconocidos que examinan el estado general de la ciencia, la tecnología y la innovación en distintos países, como las *Perspectivas de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos sobre Ciencia, Tecnología e Innovación* (OCDE, sin fecha), de carácter normalmente bienal; el trienal *Informe sobre tecnología e innovación* de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, sin fecha); el *Informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura sobre la ciencia* (UNESCO, sin fecha), normalmente quinquenal; y el *Índice Mundial de Innovación* de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, sin fecha), anual. Ya que el mandato de los organismos patrocinadores es de ámbito social, esos informes no suelen centrarse en los sistemas agroalimentarios (véase el [Recuadro A](#)). Aunque esos informes son sin duda pertinentes, en vista de que la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios se origina a menudo en otros sectores (Moser, 2021), la escala y el carácter central de los sistemas agroalimentarios para los ODS y otros objetivos sociales a más largo plazo favorecen la creación de un producto periódico de ATIO más centrado en formas de ciencia, tecnología e innovación elaborado expresamente en relación con las oportunidades y los desafíos correspondientes a los sistemas agroalimentarios, en particular en los actuales países de ingresos medios y bajos, que económicamente dependen en gran medida de estos sistemas.

En aras de una mayor concentración, se propone que solo se incorpore una nueva tecnología o innovación en ATIO cuando su adaptación o combinación en sistemas agroalimentarios hayan quedado de manifiesto en las publicaciones científicas e industriales, aunque solo sea como esfera de aplicación hipotética. Por ejemplo, si en el decenio de 1970 hubiera existido un mecanismo como ATIO, este no habría contemplado las tecnologías de radionavegación espaciales clasificadas que solo utilizaba el ejército de los Estados Unidos de América antes de que el Gobierno de este país hiciera pública esa tecnología del Sistema de Posicionamiento Mundial (GPS) con fines comerciales⁶. Más bien, en ATIO figurarían tecnologías de maquinaria de agricultura de precisión y gestión de redes digitales, que aparecieron primero en las publicaciones científicas e industriales (en particular en ensayos que proponían nuevos usos futuros del GPS y en registros de patentes y bases de datos sobre capital de riesgo) antes de su aparición en un uso abierto y activo por parte de empresas de equipo agrícola y distribución de alimentos. A continuación, ATIO daría seguimiento a su surgimiento, adaptación (por ejemplo, mediante aplicaciones de entrega de alimentos orientadas al consumidor) y difusión a medida que adquirieran madurez como tecnologías. ATIO debe practicar habitualmente los exámenes prospectivos para determinar las formas de ciencia, tecnología e innovación a medida que empiecen a incorporarse deliberadamente en los sistemas agroalimentarios.

En segundo lugar, ATIO debe ir más allá de la esfera de las ciencias naturales y la ingeniería para abarcar la ciencia, la tecnología y la innovación

⁶ Roblin (2017) ofrece una breve y fascinante relación de cómo la trágica pérdida del vuelo 007 de Korea Airlines en 1983 ayudó a acelerar el surgimiento de las tecnologías de GPS adaptadas a amplios fines comerciales a escala mundial.

con base en las ciencias sociales y económicas en el ámbito de las políticas e instituciones. A lo largo del presente informe, las referencias a la ciencia, la tecnología y la innovación obedecen a esta definición más amplia. La transformación de los sistemas agroalimentarios es una labor de carácter fundamentalmente transdisciplinario. Los desafíos y oportunidades actuales para los sistemas agroalimentarios son de carácter antropógeno, es decir, proceden directamente de las pautas humanas de consumo, intercambio y producción, así como de distintos valores y percepciones. Las pautas humanas determinan y se ven determinadas no solo por procesos naturales o avances de la ingeniería, sino también por la cultura, instituciones y políticas que generan limitaciones sociopolíticas e incentivos culturales o económicos a favor o en contra de determinadas medidas. Efectivamente, el gran desafío a la transformación de los sistemas agroalimentarios es que exige medidas descentralizadas emprendidas por miles de millones de agentes individuales. Los encargados de formular políticas públicas y las empresas privadas pueden influir en esas pautas, pero no pueden controlarlas. Los cambios en las políticas, las instituciones y la cultura forman parte de los principales instrumentos que los dirigentes tienen a su disposición para ejercer influencia en las pautas.

En consecuencia, ATIO debe notificar las innovaciones más allá de las tecnologías nuevas basadas en la ingeniería o las ciencias naturales para dar cabida a una amplia diversidad de innovaciones transformadoras de carácter social, normativo, institucional, financiero y cultural. Ello no merma en absoluto la importancia crucial de los avances en las esferas basadas en la ingeniería y en las ciencias agroecológicas, bioquímicas, digitales y mecánicas u otras ciencias naturales. Más bien supone un reconocimiento de que esas innovaciones solo surten efecto cuando se combinan con innovaciones complementarias en las instituciones, los mercados o las políticas que facilitan su difusión (Barrett *et al.*, 2022a). Toda transformación de los sistemas agroalimentarios comprende una enorme variedad de actividades humanas y organizaciones; estas innovaciones sociales deben ser objeto de seguimiento y estudio (y promoverse, en el caso de las que se hayan mostrado eficaces para favorecer los amplios objetivos de transformación de dichos sistemas), junto con formas más conocidas de

ciencia, tecnología e innovación fundadas en la ingeniería y las ciencias naturales y en igualdad de condiciones con ellas. Por desgracia, los sistemas de recopilación de datos sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios se han centrado históricamente en indicadores científicos y financieros mensurables, con escasa recopilación sistemática de datos sobre instituciones o políticas, como se documentará en secciones posteriores. ATIO puede ayudar a despertar mayor atención y a recopilar datos de calidad sistemáticos para subsanar esa importante laguna.

En tercer lugar, ATIO debe abarcar la totalidad de los sistemas agroalimentarios, desde los insumos hasta la producción primaria, pasando por los entornos propicios a que los consumidores elijan sus alimentos. Durante muchos decenios se entendió que la producción de suficientes alimentos saludables para atender las crecientes necesidades de una población humana en aumento ante recursos naturales finitos era una tarea central de los sistemas agroalimentarios. A raíz de esta concentración en la oferta se hizo inevitablemente hincapié en el seguimiento de los insumos y los productos en las explotaciones agrícolas, la pesca y los bosques y en el fomento de la productividad. Es indiscutible que esas tareas son importantes y necesarias, pero también son insuficientes.

La cobertura de ATIO debe ir más allá de la producción en las explotaciones por la sencilla razón de que más del 70 % de la adición de valor reflejada en los gastos alimentarios de los consumidores tiene lugar, a escala mundial, con posterioridad a la explotación (Yi *et al.*, 2021). Además, el empeño exclusivo por alcanzar una eficiencia cada vez mayor ha tenido consecuencias previsibles, aunque no deliberadas, para la salud ambiental y humana, la resiliencia a las conmociones y las condiciones de trabajo, tanto en los sectores primarios de la agricultura, la pesca y la actividad forestal como en el procesamiento, la elaboración y la distribución ulteriores (Herrero *et al.*, 2021).

La recopilación de datos válidos y completos sobre la producción en las explotaciones agrícolas ha resultado difícil, y la ampliación para dar cabida a la cadena de valor en su totalidad eleva considerablemente la dificultad. La cobertura será inevitablemente escasa al principio y se ampliará

con el tiempo. Sin embargo, una de las mayores contribuciones posibles de ATIO consiste en ampliar el campo de visión de los encargados de formular políticas en torno a la transformación de los sistemas agroalimentarios para que incluya la totalidad de la cadena de valor, desde los insumos y la producción primaria, incluida la producción alimentaria “desagrarizada” (es decir, no agrícola; por ejemplo, la carne celular y la agricultura vertical), el procesamiento y el envasado, la fabricación y la distribución (incluidos los servicios de alimentación), hasta los entornos alimentarios en los que las personas eligen las opciones que desean. Una enseñanza esencial extraída de las investigaciones recientes sobre las pérdidas y el desperdicio de alimentos es, por ejemplo, que solo podemos comprender y abordar los desafíos de los sistemas agroalimentarios mediante un enfoque integral de ese tipo (Cattaneo *et al.*, 2021; Hamilton *et al.*, 2022; Van Zanten *et al.*, 2019).

Así pues, ATIO partiría de las fuentes existentes y se distinguiría de ellas. En relación con las perspectivas existentes de la ciencia, la tecnología y la innovación de organizaciones multilaterales,

ATIO prestaría mayor atención a los sistemas agroalimentarios que los actuales productos de la OCDE, la UNESCO o la OMPI, profundizando mucho más en su repercusión en los sistemas agroalimentarios y en las repercusiones conexas. Con respecto a las publicaciones y productos de datos de la FAO existentes, ATIO también contribuiría a estimular y coordinar las inversiones para colmar las lagunas de datos esenciales entre los productores primarios y los consumidores finales, a la vez que ampliaría la cobertura de las políticas e instituciones fundamentales para la transformación de los sistemas agroalimentarios y de los análisis de previsión y los prospectivos. Es probable que para proceder de ese modo lo más eficaz sería adoptar un modelo de consorcio en colaboración con otras organizaciones interesadas principales con competencia técnica demostrada en una o más esferas pertinentes (Sección 11). Sin embargo, en vista de la magnitud de la tarea, será esencial trazar con claridad algunas fronteras en relación con la actividad de ATIO para que añada valor, promueva la cooperación y la coordinación en un espacio crucial y ofrezca datos y análisis adecuados para sus objetivos.

RECUADRO A TEMAS DE LOS INFORMES DE LA OCDE, LA UNCTAD, LA UNESCO Y LA OMPI SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Perspectivas de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación

- 2021** Oportunidades en tiempos de crisis.
- 2018** Adaptación a las perturbaciones tecnológicas y sociales.
- 2016** Análisis comparado de las nuevas políticas e instrumentos que se utilizan para potenciar la contribución de la ciencia y la innovación al crecimiento y a los desafíos mundiales y sociales.
- 2014** Tendencias generales del desempeño y las políticas en el ámbito de la innovación.
- 2012** Papel impulsor que se espera siga correspondiendo a la ciencia, la tecnología y la innovación en aras de una recuperación sostenible y duradera de las “megatendencias” de la crisis económica.
- 2010** Desempeño en materia de ciencia e innovación, tendencias de las políticas nacionales sobre ciencia, tecnología e innovación y evaluación de las políticas sobre innovación, con inclusión de las interacciones entre políticas y la “combinación de políticas”.
- 2008** Desempeño en materia de ciencia e innovación, tendencias de las políticas nacionales sobre ciencia, tecnología e innovación y prácticas de evaluación de las repercusiones socioeconómicas de la investigación pública.
- 2006** La función de los derechos de propiedad intelectual y los mercados de concesión de licencias tecnológicas en el desempeño en materia de innovación, políticas dirigidas a aumentar los beneficios de la globalización de la I+D empresarial, los recursos humanos en el ámbito de la ciencia y la tecnología y evaluación de políticas en materia de innovación.
- 2004** La función de las asociaciones entre los sectores público y privado en el estímulo de la innovación, determinantes de la innovación en el sector servicios, dificultades mundiales relativas a la oferta de recursos humanos para la ciencia y la tecnología y contribuciones de las empresas multinacionales al crecimiento de la productividad y a la innovación.
- 2002** Cambio de las estrategias empresariales en materia de I+D, la competencia y la cooperación en el proceso de innovación, cambios en la gobernanza de los sistemas nacionales de ciencia, uso estratégico de los derechos de propiedad intelectual en las instituciones de investigación pública, la globalización industrial y la movilidad internacional de científicos e ingenieros.

Informe sobre tecnología e innovación de la UNCTAD

- 2021** Subirse a la ola tecnológica: Innovación con equidad.
- 2018** Aprovechamiento de las tecnologías de vanguardia para el desarrollo sostenible.

- 2015** Políticas de fomento de la innovación para el desarrollo industrial.
- 2012** Innovación, tecnología y colaboración Sur-Sur.
- 2011** La importante función de las tecnologías de energías renovables en la respuesta al doble desafío de reducir la pobreza energética mitigando a la vez el cambio climático.
- 2010** Desafíos de mejorar el rendimiento agrícola en África y función de la tecnología y la innovación en el aumento de la producción agrícola y los ingresos de todos los agricultores, incluidos los de pequeñas explotaciones.

Informe de la UNESCO sobre la ciencia

- 2021** La carrera contra reloj hacia la meta de un desarrollo más inteligente: transición a una sociedad digital y “verde”.
- 2015** Hacia 2030: estrategia de crecimiento efectiva, tendencias de la innovación y la movilidad.
- 2010** El estado actual de la ciencia en el mundo: el papel en aumento de la tecnología en la economía mundial.
- 2005** Construcción de sociedades del conocimiento: universidades, expertos en tecnología e insumos de la I+D.
- 1998** La globalización de la ciencia y la tecnología: manera en que la ciencia y la tecnología salvaguardan los alimentos y el agua en condiciones de presión demográfica y ambiental.
- 1996** Desafíos relacionados con la tecnología de la ciencia y la dimensión de género.
- 1993** Estado mundial de la ciencia, el sistema científico y tecnológico y la cooperación.

Índice Mundial de Innovación de la OMPI

- 2021** Repercusiones de la pandemia de la COVID-19 en la innovación.
- 2020** ¿Quién financiará la innovación?
- 2019** Creación de vidas saludables: el futuro de la innovación médica.
- 2018** Inyectar energía al mundo mediante la innovación (innovación energética).
- 2017** La innovación alimenta al mundo (agricultura).
- 2016** El éxito a través de la innovación mundial (inversión y cooperación mundiales).
- 2015** Políticas efectivas de innovación para el desarrollo.
- 2014** El factor humano en la innovación (la economía basada en conocimientos).
- 2013** La dinámica local de la innovación.
- 2012** Refuerzo de los vínculos de la innovación en aras del crecimiento mundial.
- 2011** Aceleración del crecimiento y el desarrollo (medición y sostenibilidad de la innovación).



ITALIA

Algunos caballos pastan en una ladera al pie de turbinas eólicas de un parque eólico en Frosolone.

CAPÍTULO 3

DINÁMICA DEL DESARROLLO Y LA DIFUSIÓN DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

En todos los sectores, el proceso de desarrollo y difusión de la tecnología obedece a una pauta dinámica normalizada. En vista de que ATIO procura servir de base a la adopción de decisiones en los sectores privado y público en todas las fases del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, debe reunir y analizar datos en torno a cuatro fases distintas de desarrollo y difusión que en conjunto abarcan años y, a menudo, decenios. Las fases comienzan con i) los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios (por ejemplo, inversiones financieras y capital humano, físico y social para I+D), que generan ii) formas preincipientes de ciencia, tecnología e innovación, es decir formas que son objeto de desarrollo activo pero todavía no se utilizan fuera de la comunidad de desarrolladores, un subconjunto de las cuales cobra fuerzas y pasa a ser iii) formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación de uso observable al margen del control de los investigadores que por último se convierten en iv) formas maduras antes, en muchos casos, de entrar en obsolescencia.

En primer lugar, la creación de conocimientos no tiene lugar en el vacío. Más bien, los conocimientos engendran conocimientos, pues la innovación es esencialmente combinatoria. Las principales invenciones e innovaciones con repercusión han sido siempre producto de una combinación deliberada de distintos descubrimientos anteriores con el propósito expreso de resolver una necesidad humana incipiente (Usher, 1929; Weitzman, 1998; Arthur, 2009; Feinstein, 2011). Asimismo, las innovaciones institucionales son esenciales para reducir los costos de las transacciones relativas al intercambio y los riesgos de la inversión de capitales y la innovación (North, 1991, 2008; Platteau, 1994a, b; Barrett, 1997).

En consecuencia, la innovación transformadora necesita conocimientos y materiales previos, así como científicos, ingenieros, agricultores, productores, empresas y empresarios sociales y otros agentes de los sistemas agroalimentarios capaces de combinar y recombinar ideas y materiales previos con la inversión de nuevos recursos (fondos para I+D, laboratorios, parcelas de ensayo, computadoras, tierras agrícolas) necesarios para llevar a cabo la labor. Esta fase de ideación en fases tempranas (ciencia básica) y la posterior investigación aplicada y de adaptación también se ven afectadas por las instituciones y políticas (como regímenes de derechos de propiedad intelectual, protocolos sobre bioinocuidad, normas culturales en materia de creatividad y experimentación y salvaguardias institucionales para la ética en la investigación) que influyen en la eficiencia con que los insumos financieros y materiales se convierten en nuevos descubrimientos útiles. Juntos, estos recursos financieros, humanos, institucionales y materiales representan insumos a la producción de ciencia, tecnología e innovación, que no puede surgir sin su aportación esencial procedente de laboratorios universitarios, campos de agricultores innovadores, garajes de empresarios y cocinas de chefs creativos. Mientras que la mayor parte de la contabilidad de los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación se centra en sistemas formales de investigación incorporados en programas de I+D sobre sistemas agroalimentarios y programas conexos, el capital humano y natural esencial para la experimentación existe igualmente en espacios informales. Después de todo, así fue como hace miles de años los humanos domesticaron por primera vez plantas y animales silvestres y, desde entonces, han seguido haciéndolo así de forma casi experimental.

La segunda fase del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación y la dinámica de difusión es el proceso de ideación, recombinación y perfeccionamiento propiciado por la inversión en los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación. La ideación tiene lugar cuando se producen avances de la ciencia teórica y aplicada, y las personas (investigadores, agricultores, productores, analistas de políticas, empresarios) elaboran ideas, materiales y métodos nuevos, ponen a prueba nuevas hipótesis, emprenden labores de construcción de diseños y prototipos fundamentales, etc., todo ello con el objeto de desarrollar un producto o proceso que merezca la pena introducir y poner a prueba en el mundo real. Los científicos, administradores e innovadores que se dedican a la I+D formal o informal adaptan, combinan y perfeccionan constantemente las formas novedosas de ciencia, tecnología e innovación en fase preincipiente antes de que empiecen a utilizarse (de forma comercial o no comercial) en la esfera pública. También en este caso gran parte de la actividad tiene lugar al margen de la esfera de los sistemas formales de investigación y a menudo no se percibe hasta que surgen nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación que se empiezan a propagar de forma orgánica, pues el cambio en los sistemas agroalimentarios es social a la vez que técnico⁷.

En esta fase son esenciales los exámenes prospectivos para determinar nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación que podrían acabar repercutiendo en los sistemas agroalimentarios antes de su surgimiento en aplicaciones en el mundo real. Cabe sostener que este período de presurgimiento es la fase más difícil de vigilar, pues requiere hacer el seguimiento de ideas antes de que se conviertan en productos o procesos nuevos de uso efectivo. Sin embargo, se trata también de una fase esencial en la que los encargados de formular políticas pueden ejercer considerable influencia en la aceleración (o la ralentización del surgimiento) de las innovaciones mediante diversos aceleradores

institucionales y normativos (Herrero *et al.*, 2020). Además, los encargados de formular políticas deben planificar los efectos secundarios previsibles, aunque no deliberados (positivos o negativos) de las nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación, pues estos efectos son ubicuos y es necesario vigilarlos expresamente prestando atención a las compensaciones recíprocas y las sinergias (Herrero *et al.*, 2021).

Esta segunda fase normalmente dura muchos años. El intervalo que media entre los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, como las inversiones en I+D en materia de sistemas agroalimentarios, y el surgimiento de formas que tienen una repercusión mensurable a gran escala es de años (Chavas *et al.*, 1997; Ahmadpoor y Jones, 2017; Alston y Pardey, 2021)⁸. En vista de la urgencia de la lucha en el ámbito del clima, en particular, y de los progresos desiguales en la consecución de la Agenda 2030, el progreso debe acelerarse, lo cual exige un mayor grado de seguimiento y gestión de la totalidad del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación del que existía antes, especialmente en el ámbito de los sistemas agroalimentarios.

La tercera fase es el período de surgimiento de formas de ciencia, tecnología e innovación cuando la innovación pasa de su fuente original (a menudo, aunque no siempre, estaciones de investigación, laboratorios y publicaciones académicas) a un uso en el mundo real no sujeto al control de agentes que no participaron en la elaboración original de esas formas. La liberación inicial de estas formas incipientes a partir de sistemas formales de investigación supone ensayos en un número limitado de ubicaciones seleccionadas cuidadosamente para poner a prueba el concepto y generar datos iniciales con fines de uso en investigación adaptativa para el ulterior perfeccionamiento del producto o proceso. Cuando una forma novedosa aparece en un sistema agroalimentario, la variante incipiente se somete a seguimiento y evaluación, pero también puede que

7 Un buen ejemplo es el sistema de intensificación del arroz, que se originó en el decenio de 1980 con la experimentación en comunidades de pequeños agricultores de Madagascar y se difundió cuando los desarrolladores originales crearon una organización no gubernamental local, la Asociación Tefy Saina, para ampliar a otros agricultores el conjunto de prácticas innovadoras. Hoy se practica en más de 50 países de todo el mundo (Stoop *et al.*, 2002; Glover, 2011; Barrett *et al.*, 2022b).

8 Los intervalos estimados varían en función de la disciplina del descubrimiento, de modo que ciencias más básicas como las matemáticas tienen repercusiones con intervalos más prolongados que las más aplicadas, como la informática (Ahmadpoor y Jones, 2017) y las inversiones privadas en I+D generan mayores beneficios a corto plazo (de 5 a 15 años), mientras que la I+D pública presenta mayores beneficios a largo plazo, de 15 a 25 años (Chavas *et al.*, 1997).

empiece a difundirse o adaptarse espontáneamente entre poblaciones recién expuestas, lo cual alimenta el aprendizaje. En este período crucial las innovaciones cobran fuerza y empiezan a difundirse y a utilizarse a gran escala, pierden fuerza y desaparecen en los archivos y bibliotecas o se atascan en un limbo prolongado de viabilidad técnica sin que se adopten a escala hasta que algún tipo de cambio las vuelve más atractivas de lo que eran cuando se introdujeron por primera vez (Rogers, 1962). Los incentivos y limitaciones derivados de las políticas, instituciones y mercados contribuyen decisivamente a determinar si una forma novedosa de ciencia, tecnología o innovación madura o se queda estancada en fases tempranas de su desarrollo. Las instituciones y políticas que facilitan la agrupación de formas novedosas con innovaciones complementarias pueden resultar especialmente valiosas, pues prácticamente ninguna forma nueva es objeto de ampliación a escala por sí sola; todas necesitan agruparse con otras innovaciones (Barrett *et al.*, 2022a).

Algunas formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación se adaptan y difunden en grado suficiente para madurar (fase cuatro), es decir, son objeto de adaptación amplia y de cambios menos espectaculares y frecuentes a medida que prosigue su difusión. En vista de que el rendimiento de la producción o uso de una de estas formas novedosas depende de la escala de la difusión, que a su vez es producto de una red de factores externos⁹, puede que las que generan beneficios considerables deban ser patrocinadas para superar las ventajas intrínsecas de las que están arraigadas (Katz y Shapiro, 1986). En última instancia, el uso de muchas tecnologías maduras, incluso de las que pasan a ser dominantes (con carácter temporal), mengua o incluso entra en la obsolescencia a medida que surgen tecnologías más recientes que las desplazan o que la evolución del sistema agroalimentario las priva de eficacia o las vuelve menos deseables (como en el caso de algunos tratamientos de enfermedades o del transporte o la labranza mediante caballos).

⁹ Existen factores externos en red cuando la valoración de un bien o servicio por un usuario depende de cuántos son los demás usuarios que utilizan el mismo producto (u otro compatible). A diferencia de factores externos tecnológicos más habituales (como la contaminación) originados en la oferta, la red de factores externos se deriva de fenómenos en el ámbito de la demanda.

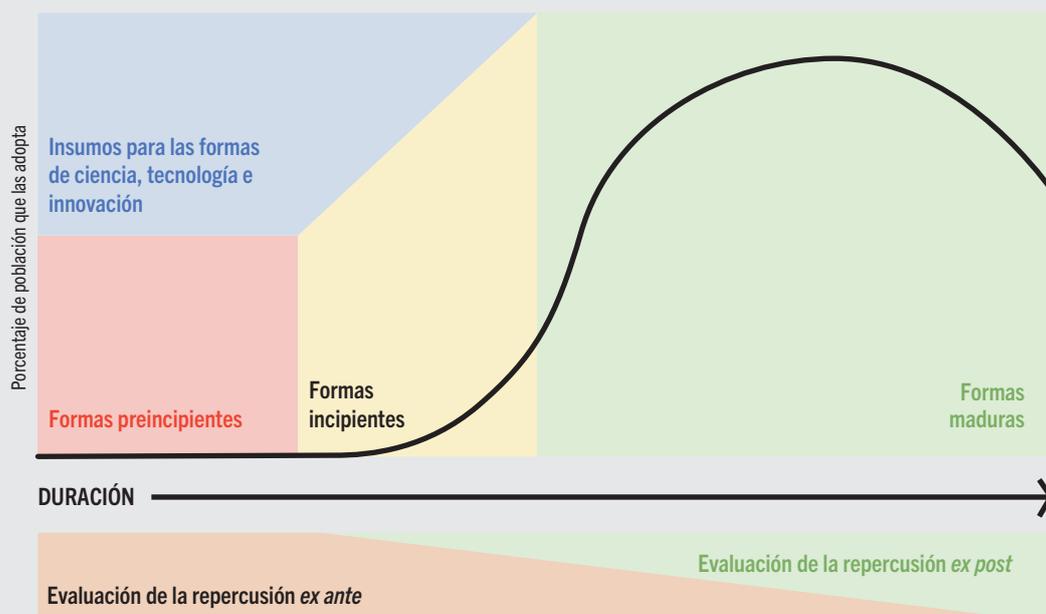
Las curvas de difusión resultantes normalmente empiezan con lentitud antes de elevarse a un ritmo superior a medida que se empieza rápidamente a conocer una tecnología nueva y experimentar con ella, tras lo cual la tasa de adopción se ralentiza cuando el dominio de aplicación de la forma de ciencia, tecnología e innovación se satura, lo cual configura una pauta de contagio en forma de S. Así se observa con frecuencia en estudios de la difusión de una amplia gama de formas en los sistemas agroalimentarios y en otros ámbitos de la sociedad.

Cabe observar que las curvas de difusión a nivel nacional o mundial reflejan forzosamente pautas agregadas, pudiendo ocultar una considerable heterogeneidad entre unidades de análisis menores. Una forma de ciencia, tecnología e innovación que puede registrar una madurez considerable en algunos sistemas agroalimentarios tal vez no sea más que incipiente o incluso preincipiente en otros. Pueden surgir algunas variaciones espaciales en cuanto a la adopción como consecuencia de condiciones estructurales a raíz de las cuales una forma determinada tal vez resulte más apropiada en algunos lugares que en otros, de modo que la adopción en régimen estacionario variará considerablemente. Sin embargo, las variaciones espaciales también pueden deberse a efectos derivados transfronterizos secuenciados (Aghion y Jaravel, 2015; Mason-D’Croz *et al.*, 2019). En la medida en que los datos permiten un análisis desglosado, ATIO puede estudiar las variaciones de difusión entre distintos contextos regionales, de mercado o de ecosistema agrícola.

Un rasgo esencial distintivo de la fase de surgimiento de una forma de ciencia, tecnología e innovación es el hecho de que el uso de la innovación todavía no es suficientemente amplio para que una organización cualquiera haya comenzado a hacer seguimiento de la adopción de forma sistemática y reproducible y a dar una difusión amplia de esos datos. Las personas y organizaciones cada vez tienen mayor conciencia de las formas incipientes, pero lo normal es que les cueste calibrar el alcance o el ritmo de la adopción. El surgimiento viene rodeado de incertidumbre.

Sin embargo, a partir de cierto momento una forma de ciencia, tecnología e innovación pasa

FIGURA 2 DINÁMICA DE DESARROLLO Y DIFUSIÓN DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, Y CATEGORÍAS DE DATOS Y MÉTODOS CONEXOS DE EVALUACIÓN DE LA REPERCUSIÓN



a ser madura y entra en una cuarta fase en la que la innovación ha ganado fuerza suficiente y la tasa de adaptación se ha ralentizado hasta el punto de que alguien empieza a medir sistemáticamente su alcance creciente. La frontera entre el surgimiento (fase tres) y la madurez (fase cuatro) es forzosamente difícil de establecer con precisión. Algunas formas maduras no se miden sistemáticamente en distintos países, pero prácticamente todas las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios que son objeto de seguimiento sistemático son maduras. En algunos casos, la madurez da paso a la obsolescencia. Así ocurre cuando surge una nueva tecnología superior que suplanta a su predecesora o predecesoras, como ocurrió en el caso del uso de caballos con fines de tracción y transporte. La obsolescencia se deriva también de la presión evolutiva, como cuando los patógenos, plagas y malas hierbas se adaptan y disminuyen los efectos de herbicidas, plaguicidas o variantes de semillas que antes eran productivas.

En conjunto, estas cuatro fases se corresponden con distintas necesidades de datos, como se explica en secciones posteriores y se representa en la [Figura 2](#). La dinámica del desarrollo y la difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación genera cuatro clases de datos distintas (para insumos, para formas preincipientes, para formas incipientes y para formas maduras) de las que actualmente se dispone con disparidad. Existen datos sobre los insumos (por ejemplo, financiación de I+D pública, privada y filantrópica; personal e infraestructura de carácter científico; plataformas experimentales basadas en los agricultores, como escuelas de campo para agricultores y patios traseros para la ciencia y la tecnología), pero presentan deficiencias importantes, como se explica en la Sección 5. Los datos sobre formas maduras son relativamente más abundantes, pero en gran medida están limitados a la producción primaria en los sistemas agroalimentarios, y su cobertura es mucho menos completa, fiable y oportuna con posterioridad a la explotación, como se explica en la Sección 8. En cuanto a los datos sobre formas preincipientes e incipientes, en gran medida no se dispone de

ellos, y cada una de estas categorías exige distintos métodos de recopilación y procesamiento de los datos, como se explica en las secciones 6 y 7. La integración de estas fuentes de datos y los análisis conexos es el desafío central y el valor añadido de ATIO, que, conforme a la teoría del cambio antes expuesta, debería ayudar a liberar inversiones en las etapas iniciales de I+D con respecto a la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios y estimular la difusión y adaptación de estas formas, especialmente en los países de ingresos medios y bajos.

La transformación de los sistemas agroalimentarios exige múltiples transiciones simultáneas. Raras veces se da el surgimiento de ciencia, tecnología e innovación al mismo ritmo y en distintos sistemas agroalimentarios y fases de la cadena de valor. La interdependencia de la difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación en un espacio con respecto a los avances en otro (por ejemplo, las variedades de semillas de mayor rendimiento solo pueden cobrar fuerza si las instituciones del mercado evolucionan a la vez para absorber los excedentes agrícolas sin que los precios de los productos básicos se vengán abajo) pone de relieve la importancia de la gobernanza de los sistemas agroalimentarios; de ahí la necesidad de que ATIO tenga carácter integrador y se centre en distintos sistemas agroalimentarios (pues la innovación en un sistema puede adaptarse fácilmente y difundirse a otro) y la totalidad del sistema agroalimentario, lo cual obliga a adoptar una perspectiva a largo plazo. La principal dificultad dentro de esta tarea reside en los datos, que son el tema de la siguiente sección.

La fase de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación también se corresponde con los métodos utilizados para tratar de evaluar la repercusión. ATIO va dirigido a tratar de fomentar la transformación acelerada de los sistemas agroalimentarios para obtener diversos objetivos: un uso eficiente y sostenible de recursos escasos, medios de vida prósperos y equitativos para los productores, los trabajadores y los empresarios en la totalidad del sistema agroalimentario, dietas saludables e inocuas para todas las personas y resiliencia a las perturbaciones y los factores que las desencadenan. Las formas de ciencia, tecnología e innovación deben evaluarse en

relación con esas repercusiones previstas. Como se muestra en la parte inferior de la [Figura 2](#), hasta que una forma no surge de los laboratorios, estaciones experimentales, campos de agricultores y otras fuentes de experimentación estructurada, todas las evaluaciones de la repercusión tienen lugar obligatoriamente con carácter *ex ante* respecto de la adopción, es decir, sobre la base de modelos de simulación, ya se trate de variantes expresamente numéricas o modelos mentales implícitos de los que se alimentan las evaluaciones cualitativas de expertos. Las evaluaciones *ex ante* de la repercusión son útiles incluso antes del surgimiento de la variante, sobre todo porque forman parte de la labor de previsión dirigida a tratar de comprender la manera en que las repercusiones pueden variar entre distintos futuros posibles de sistemas agroalimentarios (Thornton *et al.*, 2018; Wiebe *et al.*, 2018; Barrett *et al.*, 2022a).

A medida que surjan nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación en la práctica efectiva al margen de ensayos controlados por investigadores, la evaluación *ex post* de la repercusión empieza a cumplir una función esencial en la determinación rigurosa de los efectos en el mundo real que cabe atribuir a una forma determinada o conjunto de formas. La evaluación *ex post* rigurosa de la repercusión ha sido objeto de considerable atención los últimos años, tanto en evaluaciones esporádicas emprendidas por diversas organizaciones e investigadores como por conducto de programas de investigación más amplios, como se indica en la Sección 9. El error de muestreo y medición pone obligatoriamente en duda la posibilidad de generalizar y la fiabilidad incluso de los estudios de evaluación únicos bien ejecutados; la repetición es necesaria para crear una base de datos convincentes. Una síntesis del conjunto de datos procedentes de la evaluación de la repercusión por medio de determinaciones del alcance y exámenes sistemáticos, metaanálisis estadísticos y otros métodos puede arrojar luz sobre lo que previsiblemente funciona, así como dónde y en qué condiciones. La labor de evaluación integradora de la repercusión puede generar pruebas contundentes que informen a los encargados de formular políticas sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, como demostró, por ejemplo, el proyecto Ceres2030 (Laborde *et al.*, 2020), que

publicó un conjunto de estudios de síntesis de datos en las publicaciones de *Nature* (<https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/>).

La multiplicidad de repercusiones deseadas de la transformación de los sistemas agroalimentarios también obliga a prestar atención expresa a las compensaciones recíprocas entre distintos objetivos. Ninguna forma de ciencia, tecnología e innovación tiene repercusiones favorables en todos los ámbitos; todas tienen efectos indirectos positivos y negativos en otros resultados deseados, en vista de la interconexión intrínseca de los sistemas agroalimentarios (Herrero *et al.*, 2021). En consecuencia, deben incorporarse análisis expresos de las compensaciones recíprocas en las evaluaciones de la repercusión *ex ante* y *ex post* (Kanter *et al.*, 2018; Antle y Valdivia, 2021) en todas las escalas, desde evaluaciones mundiales (Hasegawa *et al.*, 2018; van Meijl *et al.*, 2018, Rosegrant *et al.*, 2017) a evaluaciones nacionales (Sain *et al.*, 2017) y locales (Valdivia *et al.*, 2017). La multiplicidad de repercusiones también obligará a incluir una gama más amplia de perspectivas para

comprender mejor las posibles dificultades para la ampliación a escala, así como la susceptibilidad de las poblaciones vulnerables a las consecuencias no buscadas. Ello deberá basarse en enfoques de previsión participativos que procuren incorporar sistemáticamente una mayor variedad de alternativas y un mayor grado de incertidumbre (Trutnevyte *et al.*, 2016; Vervoort *et al.*, 2014; Zurek y Henrichs, 2007).

El concepto de ATIO como recurso de libre acceso para el ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en su totalidad con fines de evaluación descriptiva y de la repercusión de los datos pertinentes para los sistemas agroalimentarios en los planos mundial y nacional resulta atractivo, pero exigirá un volumen considerable de inversión y trabajo, no solo para gestionar los datos, sino también para elaborar una construcción novedosa de recopilación de datos e indicadores sustitutivos a fin de colmar las principales lagunas en el actual panorama de los datos en materia de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios.



GABÓN

Procesamiento del ADN de carne de animales silvestres en el complejo de laboratorios del Centro Internacional de Investigaciones Médicas (CIRMF) en Franceville (Gabón). El laboratorio recibe cientos de muestras obtenidas por investigadores sobre el terreno que se procesan con arreglo al compromiso del laboratorio con la lucha contra las enfermedades zoonóticas.

CAPÍTULO 4

NECESIDADES DE DATOS Y ENFOQUES

Para comprender las posibles repercusiones de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios y en las comunidades en general, es importante trazar y evaluar el panorama de datos que acoge información e indicadores sobre estas tecnologías e innovaciones. En términos generales y específicamente en el contexto de las tecnologías e innovaciones agroalimentarias, es posible determinar cuatro categorías de datos determinadas en función de su accesibilidad, calidad y exhaustividad.

La primera categoría está constituida por datos de acceso fácil, de calidad, completos y normalizados. Las fuentes de datos en esta categoría se consideran fuentes de datos **estructurados**, de contenido fácil de cuantificar que puede analizarse con relativa eficiencia. Cada vez se utilizan más macrodatos, con inclusión de imágenes tomadas desde satélites y datos de teledetección, para prestar apoyo al seguimiento de sistemas agrícolas regionales o mundiales (Fritz *et al.*, 2019).

La segunda categoría corresponde a datos **semiestructurados** todavía accesibles, como los que se almacenan en bases de datos relacionales. Como el propio nombre indica, los datos semiestructurados presentan cierta estructura, pero carecen de uniformidad, con lo cual su análisis (especialmente las pruebas de hipótesis estadísticas) resulta más difícil que en el caso de los datos estructurados.

Sin embargo, la mayoría de los datos existen como datos **no estructurados** en forma de textos e imágenes. Los datos no estructurados presentan mayores dificultades para su normalización y análisis, pues carecen de una estructura definida de antemano que se pueda medir en relación con una serie de indicadores para construir un conjunto de datos más completo y coherente.

Aprovechando indicadores indirectos y marcos de análisis basados en el criterio de expertos, los conjuntos de datos no estructurados pueden gestionarse de cara a su ulterior análisis.

Por último, la cuarta categoría de datos, la más compleja, consta de los datos **no disponibles**. Evidentemente, no es viable derivar información cuando no se dispone de datos. Sin embargo, existen dos tipos distintos de datos no disponibles. Uno de ellos se refiere a los datos que podrían observarse y medirse directamente, pero no han sido observados ni medidos. Se trata de lagunas de datos que podrían subsanarse si una demanda adecuada justifica el costo y el esfuerzo necesarios para la recopilación de estos datos.

Otro tipo de datos no disponibles está relacionado con fenómenos latentes e intrínsecamente inobservables, con lo que no pueden medirse datos de forma directa. Ejemplos de ello son conceptos como la seguridad alimentaria, la pobreza, la resiliencia o la sostenibilidad. Se han hecho esfuerzos considerables por crear indicadores sustitutivos viables con un contenido informativo razonable (Barrett, 2010; Barrett *et al.*, 2021b) relacionado con estos conceptos. Sin embargo, es necesario actuar con cautela para no suponer sin más que los indicadores sustitutivos son un indicio real de un concepto latente¹⁰. Todos los indicadores sustitutivos, como todas las mediciones directas de fenómenos observables, deben ser validados. Muchas formas de ciencia, tecnología e innovación que no se han materializado todavía y no son tangibles y mensurables entran dentro de este segundo tipo de datos latentes no disponibles para

10 En Upton *et al.* puede consultarse un ejemplo de mediciones sustitutivas correspondiente al concepto, cada vez más popular, de resiliencia en los hogares a las perturbaciones y los factores que las desencadenan (en prensa).

los que, al menos en principio, pueden generarse indicadores sustitutivos.

A estos tipos distintos de datos se superponen diversos usos analíticos de los datos, de los que hay al menos tres. Los **análisis descriptivos** se limitan a referir el estado actual o pasado de una medición o indicador. Son ejemplos de análisis descriptivos de datos sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios los informes sobre los gastos en I+D o sobre la difusión de tecnologías en el espacio y en el tiempo. Estos análisis sientan las bases fácticas de los demás tipos de análisis de datos. FAOSTAT es un ejemplo destacado en el sector de un conjunto de datos estructurados (una colección de conjuntos de datos) que se utiliza ampliamente con fines de análisis descriptivo, aunque no solo.

Los **análisis predictivos** generan pronósticos basados en modelos de futuros fenómenos. Surgen a menudo de modelos estadísticos o matemáticos, al igual que ocurre con análisis prospectivos más elaborados basados en hipótesis. Sin embargo, los análisis predictivos también pueden ser cualitativos, por ejemplo, cuando los expertos tratan de determinar dónde y cuándo surgirán nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación en el uso cotidiano. Los análisis predictivos son especialmente importantes para los análisis prospectivos, que obligan a imaginar diversos futuros alternativos y determinar la probabilidad de que tengan lugar, y las repercusiones prospectivas, todo lo cual se deriva de modelos predictivos formales o informales, explícitos o implícitos.

Por último, el **análisis deductivo** hace uso de datos para tratar de comprender pautas causales. El objetivo más amplio de ATIO consiste en contribuir a fundamentar las políticas de los sectores público y privado para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios en aras de la consecución de los ODS y los objetivos sociales conexos. En consecuencia, es necesario saber qué formas de ciencia, tecnología e innovación causan mejoras significativas en los indicadores clave del rendimiento, es decir, las que tienen un elevado “tamaño del efecto”, según la terminología de la evaluación experimental. Sin embargo, la deducción causal rigurosa exige datos de calidad y buenos planteamientos de investigación, pero

puede que ello sea difícil de lograr con datos de observación procedentes de los complejos sistemas agroalimentarios del mundo real.

ATIO se centra principalmente en el análisis descriptivo. El motivo más importante es que hace falta saber lo que hay y lo que había antes de poder predecir lo que habrá o deducir lo que causó los fenómenos observados. El buen análisis predictivo y deductivo siempre parte de datos e indicadores estructurados o semiestructurados fiables de fenómenos latentes. Un importante motivo secundario es que, como se documenta en ulteriores secciones, en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios abundan las lagunas de datos, tanto porque no se dispone de ellos como porque no se invierte lo suficiente en el bien público de recopilación, procesamiento y gestión de datos estructurados, semiestructurados y no estructurados.

Aunque los principales objetivos de ATIO en materia de datos consistirían en crear y gestionar datos descriptivos de calidad, también debería diseñarse ATIO para que facilite buenos análisis predictivos y deductivos. Lo ideal es que ATIO gestione evaluaciones predictivas y de la repercusión junto con datos descriptivos, si surgen recursos suficientes. En el **Recuadro B** se describen algunas de las dificultades en materia de datos que son especialmente marcadas y acusadas en el caso de ATIO.

Por último, estos enfoques se centran en la captación de innovaciones que tienen lugar en ese momento o han tenido lugar recientemente como proceso sociotécnico. ATIO aprovecha las oportunidades de información que ofrecen fuentes diversas dentro del espectro de innovación, reconociendo que el lugar en que uno encuentra pruebas de innovación tal vez no sea el mismo que el lugar en el que la innovación o las tecnologías conexas se originaron o acabaron prosperando. La información más cualitativa, como estudios de casos, entrevistas y grupos de debate centrados en los agricultores, constituye excelentes fuentes de datos que no pueden pasarse por alto en el marco de ATIO. Naturalmente, la dificultad reside en integrar esos datos, que rara vez están normalizados en distintos países ni están

RECUADRO B PROBLEMAS PLANTEADOS POR LOS DATOS

Es importante destacar una serie de problemas planteados por los datos que repercuten en la manera de determinar y aplicar criterios de inclusión con respecto a ATIO.

Disponibilidad de datos en los países de ingresos medios y bajos. Es más difícil acceder oportunamente a los datos sobre ciencia, tecnología e innovación de los países de ingresos medios y bajos, y la calidad de los datos plantea problemas que dificultan la integración de los datos procedentes de esos países en otros conjuntos de datos. La falta de acceso a los datos existentes de tales países dificulta la determinación de las innovaciones en materia agroalimentaria que están dirigidas específicamente a ellos. Aunque tal vez sea cierto que las tecnologías e innovaciones de otros países pueden adoptarse y utilizarse en los países de ingresos medios y bajos, deben redoblar los esfuerzos para justificar la manera en que esa tecnología o innovación funcionaría en un contexto distinto y la razón de ello. Por su parte, cuesta más a los países de ingresos medios y bajos acceder a datos de países donde estos abundan debido a muros de pago, cuestiones de almacenamiento de datos y una falta de estructuras que permitan el intercambio y la interoperabilidad de los datos.

Escasez de datos en los entornos normativos y el “sector intermedio ausente” de las cadenas de valor agroalimentarias.

La recopilación de datos sistemáticos y normalizados sobre los sistemas agroalimentarios se ha centrado tradicionalmente en los agricultores, los pescadores y otros productores primarios, o en los consumidores de alimentos. Aunque a las actividades con posterioridad a la explotación les corresponde más del 70 % de la adición de valor en los gastos alimentarios de los consumidores (Yi *et al.*, 2021), existen pocas series sistemáticas de datos que abarquen toda la diversidad de importantes actividades de servicios, fabricación, procesamiento, venta al por menor, almacenamiento, transporte y venta al por mayor de alimentos. Asimismo, aunque las variaciones internacionales en los entornos normativos explican la mayor variación observada en la adopción de tecnologías de sistemas agroalimentarios en los hogares que los fenómenos en el ámbito de los hogares, los agroecosistemas o los mercados (Sheahan y Barrett, 2017), existen escasos datos internacionales comparables sobre las políticas que repercuten ampliamente en los sistemas agroalimentarios.

Doble contabilización. Otra dificultad que debe tenerse en cuenta es la frecuencia con que los datos se contabilizan por partida doble en los análisis de datos, especialmente cuando se trata de datos sobre ciencia, tecnología e innovación. Por ejemplo, podría encontrarse información sobre una nueva forma de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios en una fuente de datos sobre formas incipientes (por ejemplo, datos sobre patentes), pero también podría descubrirse durante una entrevista estructurada en fase preincipiente con un experto del sector. Los intentos de fusionar datos podrían dar lugar a una doble contabilización, lo cual añade significancia a la forma en cuestión. Aunque los datos sobre ciencia, tecnología e innovación pueden contabilizarse de muy distintas maneras, es importante que en ATIO se defina con claridad desde el principio la manera en que se van a categorizar y contabilizar los datos.

Desfase en las evaluaciones de la repercusión. Al usar indicadores como indicio sustitutivo en las evaluaciones de la repercusión pueden encontrarse dificultades a la hora de medir el efecto de una innovación o tecnología. En vista del carácter incipiente de las innovaciones o las nuevas tecnologías, la determinación y evaluación de los resultados o repercusiones en los sistemas agroalimentarios pueden llevar más tiempo. Es difícil sacar conclusiones y presentar sugerencias a partir de ideas sobre tecnología agrícola que no se han puesto en práctica. Existe un desfase entre el surgimiento de una investigación científica y su aplicación en calidad de actividad operacional (Fritz *et al.*, 2019).

Los problemas que se mencionan en relación con los datos pueden abordarse de varias maneras. La inclusión de datos en idiomas distintos del inglés aumentaría su disponibilidad con fines de gestión y análisis, lo cual hace posible incluir datos de más países de ingresos medios y bajos. Cuando se recopilan datos de fuentes más diversas deben establecerse con claridad protocolos más coherentes de calibración y validación de datos para que puedan resolverse o aminorarse errores como la doble contabilización. También es importante establecer definiciones claras de cada término que se utiliza a lo largo del proceso de recopilación y validación de datos. Sin embargo, es casi seguro que un resultado clave de ATIO será la determinación de importantes carencias de datos, lo que podría contribuir a estimular la labor orientada a llenar esos vacíos.

disponibles con suficiente amplitud para cumplir los criterios de inclusión elaborados para las series de datos existentes. Lo más probable es que la información cualitativa se incorpore en ATIO a través de los procesos de consulta de expertos y partes interesadas descritos en la Sección 6.

Toda perspectiva debe basarse en datos objetivos, pero la escala y la diversidad de los sistemas agroalimentarios hacen inviable disponer de una base de datos completa. En cambio, en el presente informe se presentan indicadores relativos al estado actual de las tecnologías e innovaciones en los sistemas agroalimentarios a la vez que se seleccionan los que podrían ser útiles en ediciones futuras del informe. Al distinguir si una forma de ciencia, tecnología e innovación se encuentra en fase de insumo, en fase preincipientes o incipientes, o en fase de madurez, el informe detecta y evalúa las tendencias para mejor comprender su relación con los sistemas agroalimentarios y sus repercusiones en ellos. De ese modo, ATIO aspira a emparejar datos de calidad que se actualizan periódicamente con una serie de indicadores pertinentes que permiten el seguimiento y evaluación continuos en las distintas formas de ciencia, tecnología e innovación. Esta combinación de datos e indicadores es útil para determinar las tendencias futuras y las carencias actuales al tiempo que se evalúan los progresos registrados con el paso del tiempo.

Los datos sobre los **insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación** (Sección 5) han sido recopilados por grupos diversos como, entre otros, el Servicio internacional para la investigación agrícola nacional, Indicadores de Ciencia y Tecnología Agrícola (ASTI) o Práctica y política internacionales en el ámbito de la ciencia y la tecnología (InSTePP), mediante fuentes de datos estructurados o semiestructurados sobre, por ejemplo, los gastos en I+D en materia de sistemas agroalimentarios, o científicos con titulación de doctorado. Algunos grupos, como el *Índice Mundial de Innovación* de la OMPI, generan indicadores respecto de conceptos latentes como el entorno normativo de la innovación en el sector privado. La mayor parte del análisis de datos sobre estos insumos tiene carácter descriptivo, pero en algunos casos es deductivo, como ocurre con las estimaciones de las tasas de rendimiento

de las inversiones en I+D en materia de sistemas agroalimentarios (Pardey *et al.*, 2018).

Los datos sobre las **formas preincipientes de ciencia, tecnología e innovación** (Sección 6) son los que plantean mayores dificultades. Lo normal es que sea necesario colmar lagunas de datos no disponibles, lo cual suele constar de variables latentes (como el nivel de preparación de una determinada forma de ciencia, tecnología e innovación) y datos no estructurados o semiestructurados, que en gran parte son intrínsecamente no cuantitativos. En el caso de estas formas preincipientes, el análisis descriptivo va ligado casi indisolublemente al planteamiento futuro (¿qué formas tienen probabilidades de surgir, cuándo y dónde?) y al análisis deductivo (¿qué formas parecen entrañar la posibilidad de provocar los cambios que se espera emerjan del laboratorio y se difundan?). La descripción de las formas preincipientes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios exige análisis de los otros datos en una medida que, por ejemplo, no es necesaria al comunicar los niveles de I+D en materia de sistemas agroalimentarios.

En el contexto de las **formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación** (Sección 7), para determinar innovaciones se emplean indicadores clave como indicadores de patentes, indicadores bibliométricos, indicadores de las inversiones e indicadores de los servicios. En la Sección 7 figura más información acerca de estos indicadores. La práctica de consultas estructuradas de expertos puede facilitar el acceso a conocimientos (publicados y no publicados) sobre las formas incipientes y la síntesis de estos y, mediante una evaluación *ex ante* del potencial transformador, puede ayudar a restringir el foco de ATIO.

Los datos sobre las **formas maduras de ciencia, tecnología e innovación** (Sección 8) son los más abundantes, especialmente en forma de datos estructurados, ya que existen sistemas de seguimiento destinados a reunir y publicar datos. Las oficinas nacionales de estadística, los grupos industriales y otras instancias organizan habitualmente encuestas y censos sobre el terreno para hacer recuentos. En ocasiones, estos se refieren a formas de ciencia, tecnología e innovación en uso en los sistemas

agroalimentarios, como las cantidades de fertilizantes aplicados en los campos o el número de máquinas avanzadas utilizadas en una industria, pero gran parte de los datos sobre las formas maduras no está disponible o, en el mejor de los casos, tiene carácter semiestructurado, pues, aunque existen datos (por ejemplo, en registros de aprobaciones de mejoras de variedades de cultivos), estos no se comunican ni se normalizan sistemáticamente por año, cultivo o país. No obstante, la recopilación y la normalización de datos resultan costosas. Especialmente en los países de ingresos medios y bajos, hay carencia de datos por los insuficientes recursos financieros, humanos y de otro tipo destinados a este bien colectivo.

Con respecto a todos los indicadores es necesario prestar atención a una serie de factores que pueden repercutir en su calidad general. En el contexto de las tecnologías y las innovaciones, puede tratarse de aspectos como la preparación contextual, la idoneidad, la aceptabilidad, la adopción, la repercusión, la oportunidad y la posibilidad de manipular los indicadores por las partes interesadas; de intentos de validar las medidas mediante triangulación y de evaluaciones de la exactitud o la precisión. También debe distinguirse entre los indicadores puramente descriptivos y los que presentan una dimensión práctica (como herramientas de políticas u hojas de ruta vinculadas con repercusiones).



FEDERACIÓN DE RUSIA

Central de tratamiento de leche. Algunos empleados trabajan en la cadena de producción de una fábrica de productos lácteos en Voronezhsky.

CAPÍTULO 5

INDICADORES RELATIVOS A LOS INSUMOS PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

Las formas de ciencia, tecnología e innovación que transforman los sistemas agroalimentarios con el paso del tiempo no se materializan espontáneamente. En gran parte, derivan de esfuerzos intencionales por mejorar esos sistemas. Así ocurrió cuando se empezaron a domesticar animales y plantas silvestres hace unos 10 000 años, algo que continúa hoy en las innovaciones generalizadas llevadas a cabo por agricultores, productores, procesadores o desarrolladores de aplicaciones digitales que actúan a título individual o colectivo. En el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación, los esfuerzos más formales surgen de las inversiones estructuradas en financiación de I+D combinadas con infraestructura e insumos científicos esenciales (expertos capacitados y con credenciales provistos de instalaciones debidamente equipadas y colecciones de materias primas esenciales, como material genético procedente de avances genéticos) en un ecosistema de I+D en el que las instituciones y políticas fomentan nuevos experimentos, descubrimientos, adaptaciones y ampliaciones que son necesarios para determinar las formas de ciencia, tecnología e innovación prometedoras para transformar los sistemas agroalimentarios. También puede producirse un considerable aprendizaje derivado de la acción y la adaptación; no todas las innovaciones de gran repercusión proceden de laboratorios¹¹. Aunque puede que sean notables las diferencias entre estos insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación y la ulterior plasmación de la ampliación de esas tecnologías, los indicios de que los insumos fomentan un futuro crecimiento más rápido de la productividad total de los factores en los sistemas

agroalimentarios son sólidos, aunque el desfase a menudo sea de más de un decenio (Alston y Pardey, 2021). Por ello, tiene sentido rastrear los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en calidad de indicadores destacados de las perspectivas de estas en los sistemas agroalimentarios.

Diversas instituciones ya generan o gestionan distintos tipos de datos sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios¹². Se emprendió un proceso sistemático para determinar qué datos existían ya que podrían resultar adecuados para reducir al mínimo las duplicaciones de esfuerzos innecesariamente costosas. Se amplió el radio de búsqueda organizando tormentas de ideas internas para determinar series de las que los autores tuvieran conocimiento colectivo, pidiendo pistas a colegas y realizando búsquedas en Internet, todo ello conforme a un enfoque al estilo de un muestreo de bola de nieve para detectar conjuntos de datos que podrían aportar indicadores útiles de los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios. Faltaban series, especialmente las que no estaban disponibles públicamente. En efecto, para colmar lagunas esenciales será preciso determinar series de datos de acceso restringido que, no obstante, cumplan los criterios de inclusión de ATIO.

Los datos abundan. Se detectaron muchas candidaturas de conjuntos y series de datos, y finalmente se exploraron con mayor detalle 41 series de datos distintas sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación. Las fuentes de datos de acceso público van de

11 Un ejemplo bueno, aunque controvertido, en los sistemas agroalimentarios es el Sistema de intensificación del arroz, originado en experimentos domésticos llevados a cabo por un misionero (con formación de agrónomo) en Madagascar y difundido hoy en más de 50 países de ingresos medios y bajos.

12 Se utilizaron los mismos métodos para determinar y evaluar datos sobre las formas maduras de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios (por ejemplo, fertilizantes o variedades de semillas mejoradas), como se describe en la Sección 8.

organismos de las Naciones Unidas como la FAO, la OMPI y la UNESCO a otras organizaciones multilaterales como la OCDE o el Banco Mundial, pasando por organizaciones de investigación sin fines de lucro como el CGIAR y el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), fundaciones privadas (como Ford, Gates y Rockefeller) y plataformas de múltiples partes interesadas, como el Foro Mundial de Investigación e Innovación Agrícolas (FMIA), Gramene, GRIN-Global y openICPSR.

Sin embargo, el hecho de que abunden los datos no significa que todas las series sean útiles. El desafío consiste en encontrar datos adecuados para su finalidad que ofrezcan mediciones actuales y de calidad pertinentes para el tema y con suficiente cobertura en los países de todo el mundo, especialmente entre los países de ingresos medios y bajos. A continuación se indican seis criterios básicos para la inclusión de una serie de datos de libre acceso en una futura edición de ATIO:

1. Se dispone de datos a escala nacional para permitir un análisis desglosado internacionalmente.
2. Existen datos recientes adecuados, lo cual supone que la serie consta de por lo menos un grupo de datos correspondiente al período de 2016 a la actualidad para un alto número (> 50) de países.
3. La serie de datos es inclusiva, lo cual quiere decir que la cobertura de los países de ingresos medios y bajos es amplia (aunque no forzosamente universal).
4. La fuente de datos es fiable, lo cual supone que se funda en teorías y prácticas científicas aceptadas, realiza procesos de revisión por pares, procede de una organización respetada y fidedigna, y no se inscribe en ningún grupo de promoción ni contiene material periodístico.
5. Existe una correspondencia conceptual clara entre la serie de datos y los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios.
6. La fuente de datos ofrece una definición clara, fidedigna, interpretable y sensata de la variable.

Cabe observar que no se tuvieron en cuenta los datos que no son actualmente de dominio público.

Para cada serie determinada se recopilaron datos para describir la variable, su nombre y definición, su fuente, el número de países sobre los que se disponía de observaciones, el número de países sobre los que se disponía de por lo menos una observación desde 2016 hasta la actualidad y cualquier otra información destacada sobre esa variable en particular y la correspondiente fuente de datos¹³. A continuación se determinó si la serie de datos cumplía **los seis** criterios de inclusión señalados. De ser así, se otorgaba prioridad a la serie para su inclusión en ATIO. En cada caso se realizó una segunda evaluación para confirmar, perfeccionar o impugnar la determinación original a fin de contar con una doble confirmación de la entrada de la serie de datos considerada de calidad satisfactoria para justificar su inclusión en ATIO. En las escasas ocasiones en que se constató que diversas series muy semejantes cumplían los seis criterios, se favoreció la serie de cuya gestión ya se encargaba la FAO.

Como se muestra en el **Cuadro 1**, de las 41 series de insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación detectadas solo 14 cumplían los criterios de inclusión básicos¹⁴. La disponibilidad de datos oportunos, de calidad e inclusivos es una limitación considerable. Existen importantes lagunas en las series de datos sobre este tipo de insumos de las que se dispone públicamente, sobre todo en cuanto a la cobertura de la financiación de la I+D con fines de lucro en los sectores público y privado y al personal de I+D. Esta constatación coincide con un estudio reciente de la Comisión de Intensificación Agrícola Sostenible (CoSAI, por sus siglas en inglés) del CGIAR en que “es preciso un esfuerzo mundial concertado para construir una fuente única de libre acceso a información cuyo alcance sea más amplio que el que está disponible en la actualidad” (CoSAI, 2021, pág. 4).

13 Las variaciones de la misma variable subyacente se tratan como una única serie de datos. Es decir, los dólares corrientes, los dólares constantes y los valores actuales de una medición en moneda nacional (por ejemplo, los gastos en I+D agrícola) se tratan como variantes de una única serie de datos, al igual que las variantes de esas mediciones que reflejan la intensidad en relación, por ejemplo, con la producción agrícola, la población o el tamaño de la tierra. Todo ello procede de una única medición básica: los gastos nominales en I+D agrícola en un solo país dentro de un año determinado. En vista del gran número de transformaciones de esa variable, se utiliza la variable de raíz única.

14 En el Apéndice A figuran más detalles sobre las medidas e indicadores que cumplen los criterios de inclusión, así como sobre aquellos examinados que no cumplían estos criterios.

CUADRO 1 BALANCE DE DATOS EN DIVERSOS INSUMOS PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS (indicadores/se ries/número de prioridad)

| Financiación de I+D | Indicador pertinente (fuente de datos) |
|---|---|
| Público (11/4/1) | GERD (gasto de capital bruto interno en I+D): ejecución a cargo de servicios gubernamentales de ciencias agrícolas y veterinarias (UNESCO) |
| Filantrópico (4,4,0) | |
| Privado (2,2,2) | GERD: ejecución a cargo de servicios privados de ciencias agrícolas sin afán de lucro (UNESCO) Crédito nacional al sector privado (porcentaje del PIB) (Banco Mundial) |
| Enseñanza superior (2,2,1) | GERD: ejecución a cargo de servicios de ciencias agrícolas de enseñanza superior (UNESCO) |
| Personal de I+D | |
| Científicos con titulación de doctorado (2/2/0) | |
| Oficiales de extensión | |
| Técnicos y personal equivalente (4/2/0) | |
| Entorno normativo de la ciencia, la tecnología y la innovación | |
| Regímenes de propiedad intelectual (7/3/5) | Ratificación del Convenio internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV) (openICPSR) Excepción para agricultores (openICPSR) Excepción para mejoradores (openICPSR) Duración de la protección (openICPSR) Alcance de la patente (openICPSR) |
| Capacidad de reglamentación (1/1/1) | Índice de calidad de la reglamentación (<i>Índice Mundial de Innovación</i> de la OMPI) |
| Entorno para nuevas empresas (4/3/1) | <i>Enabling the Business of Agriculture</i> (Banco Mundial) |
| Insumos físicos para la I+D | |
| Importaciones de alta tecnología (1/1/1) | Importaciones de alta tecnología (<i>Índice Mundial de Innovación</i> de la OMPI) |
| Publicaciones científicas (1/1/1) | Número de publicaciones científicas sobre tecnologías de vanguardia (SCOPUS) |
| Colecciones genéticas (2/2/1) | Número de adhesión, por país (Genesys) |

Leyenda

| | |
|--|--|
| | Incluye el indicador o indicadores pertinentes |
| | No incluye indicadores pertinentes |
| | La búsqueda no arrojó resultados |

Gran parte de la labor se ha centrado hasta la fecha en los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, en vista de que la CoSAI llegó a la conclusión de que estos insumos son los indicadores más importantes que deben someterse a seguimiento, partiendo del supuesto de que son los más claros y los más fáciles de influir.

Se necesitan datos más completos, granulares y transparentes sobre estos insumos.

Además, debe hacerse mucho más hincapié en la obtención de datos fiables sobre los insumos del sector privado para la ciencia, la tecnología y la innovación. Las inversiones del sector privado

en I+D en el ámbito de los sistemas agroalimentarios han aumentado durante la última generación, en parte a raíz de cambios en los regímenes de propiedad intelectual (Clancy y Moschini, 2017; Alston y Pardey, 2021). Ello es igual de cierto para los países de ingresos medios y bajos y para los de ingresos altos. Por ejemplo, el gasto privado de China en I+D agrícola ha superado no solo su gasto público en ese ámbito, sino también el gasto público y privado combinado de los Estados Unidos de América en esa misma esfera (Chai *et al.*, 2019). El caso de China también es revelador en el sentido de que la I+D del sector privado en China se concentra más que la I+D de los Estados Unidos de América en las etapas de la cadena de valor posteriores a la explotación (Chai *et al.*, 2019). Evidentemente, es difícil obtener datos sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios dentro del sector privado, sobre todo, quizás, en los países de ingresos medios y bajos, pero su importancia sigue creciendo¹⁵. Fuentes como *AgFunder* se encargan razonablemente bien de vigilar las inversiones de capital de riesgo, pero pasan por alto sistemáticamente los gastos en I+D realizados por empresas establecidas, que con certeza casi absoluta superan los fondos destinados a operaciones nuevas.

Puede que algunas de las 14 series que cumplen actualmente los seis criterios de inclusión no sean sostenibles, como el índice de cobertura de la protección de variedades de plantas, que fue el producto de un proyecto de investigación con plazos precisos. Algunas series que por otra parte son atractivas dejarán de estar disponibles cuando cese la publicación del informe anual del Banco Mundial *Doing Business*, del cual, por ejemplo, ha dependido históricamente en gran medida el *Índice Mundial de Innovación* de la OMPI para recabar series de datos. Así pues, las 14 series de insumos

15 Un ejemplo revelador procede de un informe reciente de Dalberg Asia (2021) encargado por la CoSAI. En él se emplearon datos de apenas cuatro países (el Brasil, China, la India y Kenya) extrapolados a todos los países de ingresos medios y bajos, y las estimaciones sobre el sector privado se basaron en datos de apenas 21 empresas, de las cuales solo seis (Archer Daniels Midland, Bunge, BRF, Nippon Suisan Kaisha, Thai Union y Tyson) se dedicaban al procesamiento después de la explotación. Además, no se incluían empresas dedicadas a la fabricación, venta al por mayor, venta al por menor o servicios de alimentos, aunque muchas de esas empresas orientadas al consumidor estaban al frente de la fijación de normas sobre productos en relación con los procesos de producción, en particular en productos y procesos totalmente nuevos (como las recientes inversiones de Walmart en Plenty, empresa nueva dedicada a la agricultura vertical).

disponibles actualmente que se han determinado no solo son escasas, sino también algo frágiles como base para evaluar a escala nacional el estado actual o reciente de los insumos para la producción de formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. En vista de que estos insumos representan destacados indicadores esenciales de futuras existencias de tales formas y su repercusión en la transformación de los sistemas agroalimentarios, todo compromiso de elaborar ATIO debe ir acompañado del compromiso de alcanzar una cobertura mejor y más sostenible de indicadores de los insumos esenciales de ciencia, tecnología e innovación.

El fomento de la cobertura de los datos no tiene por qué empezar de cero. Existen series de datos que, en principio, podrían subsanar esas deficiencias si pueden establecerse disposiciones adecuadas para garantizar un acceso fiable y constante a fin de que resulten aptas a los efectos de ATIO. Por ejemplo, el programa de Indicadores de Ciencia y Tecnología Agrícola (ASTI), alojado durante muchos años en el IFPRI, ha generado concienzudamente datos detallados comparables a escala transnacional sobre la I+D agrícola en los países de ingresos medios y bajos. Actualmente, se trata de la base de datos más completa sobre los países de ingresos medios y bajos, aunque ni siquiera su cobertura, especialmente a causa de su carácter reciente, cumple los criterios de inclusión establecidos para ATIO. La InStEPP de la Universidad de Minnesota ha reunido una impresionante colección de datos sobre la inversión y el gasto públicos, privados y filantrópicos en I+D agrícola, números de patentes y datos sobre familias de patentes en relación con innovaciones genéticas y genómicas en las ciencias de la vida, derechos sobre las variedades de plantas e innovaciones en las variedades de cultivos¹⁶. Los datos de InStEPP incluyen los datos de ASTI y parten de ellos. La colaboración estrecha con ASTI serviría para que ATIO trabajara

16 En Pardey *et al.* (2016a) figura documentación sobre el gasto en I+D que actualmente cubre el gasto público de 158 países, normalmente con frecuencia anual, hasta 2015; datos sobre gasto privado en I+D en muchos países (algunos de ellos destacados, como China y los Estados Unidos de América); patentes; protección de variedades de plantas y conjuntos de datos sobre adopción de variedades, así como estimaciones de las tasas de rendimiento de las inversiones en I+D, todo ello actualizado periódicamente (correspondencia personal con Pardey). Pardey *et al.* (2016b, 2018), Chai *et al.* (2019), Dehmer *et al.* (2019) y Graff y Pardey (2020) ofrecen buenos ejemplos de análisis basados en estos conjuntos de datos.

estrechamente con los países y otros asociados (como InSTePP) para ampliar y actualizar de forma más periódica la cobertura geográfica y sectorial de los datos sobre insumos esenciales y de calidad para la ciencia, la tecnología y la innovación.

Además, es importante reconocer que ni siquiera los mejores conjuntos de datos actuales, como los de ASTI o InSTePP, cumplen actualmente los criterios de inclusión en ATIO (su cobertura y su actualidad son insuficientes o no son de libre acceso), aparte de que se centran en gran medida en el componente de producción primaria en las etapas iniciales de los sistemas agroalimentarios. La extensión y la complejidad de las lagunas en los segmentos ulteriores, en la fabricación, el procesamiento, la venta al por menor y los servicios de alimentos y en cuanto a los insumos dirigidos a modificar los entornos alimentarios que influyen en las decisiones alimentarias del consumidor son difíciles de superar.

Podrían incluirse datos sobre patentes en los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, pues los nuevos descubrimientos revelados públicamente en los registros de patentes pasan a ser un insumo importante para el descubrimiento de nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Ello va ligado intrínsecamente al carácter combinatorio de la innovación (Arthur, 2009). Los datos sobre patentes se tratan con detalle en las secciones 6 y 7 como fuente esencial de información utilizada para detectar y vigilar las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación.

Sin embargo, los datos sobre patentes constituyen un indicador complejo de los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, a lo cual se debe que se excluyan, por diversos motivos. El principal es que no existen conjuntos de datos mundiales procesados sobre patentes, en especial datos filtrados que sean directamente pertinentes para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios. Muchos gobiernos no ponen en dominio público los datos sobre patentes. Existen conjuntos de datos sobre patentes para un único país que pueden servir de valiosa fuente de datos sobre las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación, como se indica en

las secciones 6 y 7. Así pues, los datos sobre patentes son actualmente un indicador incompleto y ruidoso de los insumos de la ciencia, tecnología e innovación.

Un problema reside en que los inventores a menudo solicitan el registro de una patente para una misma invención en diversas jurisdicciones. Con ello, es considerable la repetición del mismo descubrimiento en distintos conjuntos de datos sobre patentes de países específicos, repetición que no siempre será fácil de detectar a causa de las diferencias entre las distintas jurisdicciones con respecto a los requisitos de solicitud.

Un segundo problema es que muchos descubrimientos pertinentes de formas de ciencia, tecnología e innovación nunca se patentan. Dependiendo del carácter de la forma y de la industria, las empresas a veces optan por adoptar una estrategia de secretos comerciales para mantener su ventaja competitiva al respecto en lugar de hacer público su descubrimiento mediante una solicitud de registro de patente con la esperanza de hacerse con un control monopolístico legal temporal en relación con el descubrimiento patentado. Las lagunas resultantes en la cobertura de la ciencia, la tecnología y la innovación son en alto grado no aleatorias, con lo cual pueden comportar sesgos importantes.

En tercer lugar, la mayor parte de las patentes nunca se comercializan y, con ello, carecen de valor, pues reflejan un descubrimiento novedoso que o bien no resultó útil con el tiempo o bien fue útil principalmente para impedir que la competencia avanzara o para extraer valor de los descubrimientos de otros (Lerner, 1995; Shapiro, 2001). Así pues, los datos sobre patentes pueden presentar una alta relación ruido/señal a efectos de ATIO. De ahí el “rompecabezas de las patentes”: parece que, en gran medida, los aumentos en el registro de patentes no se corresponden con un aumento de la actividad innovadora o un crecimiento de la productividad total de los factores o que incluso van ligados negativamente a esos resultados (Boldrin y Levine, 2013). En consecuencia, nos decantamos por tratar los datos sobre patentes como fuente de datos para estudiar las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación, como se indica en las secciones 6 y 7.



**REPÚBLICA UNIDA DE
TANZANÍA**

Un hombre arregla una embarcación de pesca tradicional a orillas del lago Tanganyika en Kigoma. El lago Tanganyika es el segundo lago de agua dulce más antiguo y más grande del mundo, así como el principal productor de sardinas, espadines y percas.

CAPÍTULO 6

INDICADORES RELATIVOS A LAS FORMAS PREINCIPIENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

El historial de evaluación *ex ante* de tecnologías disruptivas es ambiguo, siendo sustantiva la crítica de la escasa capacidad de predicción del paradigma de tecnologías disruptivas (Danneels, 2004; Ganguly *et al.*, 2010; King y Baartartogtokh, 2015; Markides, 2006; Paap y Katz, 2004; Yu y Hang, 2010). Asimismo, se pone en cuestionamiento la capacidad de previsión del cambio y la innovación institucionales, que son resultado de procesos sociales complejos que movilizan a empresarios institucionales y partes interesadas sociales de niveles distintos para incorporar cambios evolutivos en las instituciones existentes (por ejemplo, creando nuevos reglamentos) o incorporar innovaciones más revolucionarias como la creación de instituciones novedosas (Hargrave y van de Ven, 2006). Estas innovaciones son a menudo respuesta a cambios en la sociedad que pueden derivarse de innovaciones tecnológicas, pero también de una mayor conciencia y de cambios en los valores sociales compartidos. La dificultad para predecir el futuro es algo consabido, y es todavía mayor cuando se tienen en cuenta actividades intrínsecamente desestabilizadoras como la innovación, que ofrece posibilidades de cambios de paradigma, creación de nuevos mercados y alteración de vínculos históricos entre los humanos y las actividades humanas (como la detección de valor en materiales que antes carecían de él).

En vista de la debilidad de los actuales modelos de predicción y de la falta de documentación publicada sustantiva sobre las tecnologías preincipientes, muchos enfoques se han propuesto evaluar las tecnologías preincipientes mediante consultas de expertos en el marco de las cuales el grupo de expertos no se limita a expertos técnicos en la materia (como científicos investigadores), sino que también puede constar de expertos contextuales (como dirigentes comunitarios,

agricultores y líderes indígenas) u otros agentes. Los enfoques basados en consultas de expertos aplican reflexión prospectiva, que procura explorar previsiones condicionales sobre la base de supuestos transparentes y explícitos cuya plausibilidad puede evaluarse (Bell, 1996). Las consultas estructuradas de expertos también pueden ayudar a sintetizar los conocimientos disponibles, publicados o no publicados (Knol *et al.*, 2010), y cuando están bien diseñadas reducen la incertidumbre terminológica para conseguir que los expertos respondan a las preguntas de la misma manera indicando con claridad los supuestos de los que parten sus evaluaciones (Hemming *et al.*, 2017; Bojke *et al.*, 2021) y aumentan la calidad, la transparencia y la reproductibilidad de los conocimientos derivados (Knol *et al.*, 2010).

Para evaluar de forma más sistemática las innovaciones preincipientes y su potencial de transformación de los sistemas agroalimentarios, se propone un modelo iterativo de recopilación de datos y consultas de expertos dirigido a determinar posibles innovaciones y, gracias a las aportaciones de los expertos, a tratar de seleccionar y evaluar con mayor detalle las innovaciones de gran pertinencia y con potencial de transformación. No todos los tipos de innovación estarán representados por igual en las publicaciones y las fuentes en línea, lo cual dificulta la determinación de una amplia gama de innovaciones preincipientes. En ese sentido, el proceso de determinación de ATIO exigirá una combinación de métodos de búsqueda que incluya técnicas de búsqueda convencionales y avanzadas (por ejemplo, procesamiento del lenguaje natural), junto con la aceptación de contribuciones directas de los innovadores y los depósitos de innovación, la extracción de enseñanzas de la ciencia ciudadana y la producción colectiva de ideas

innovadoras, así como estudios de evaluación de las innovaciones y en función de las necesidades de los sistemas agroalimentarios para ayudar a determinar las principales esferas problemáticas en la búsqueda de soluciones. Este enfoque puede aplicarse a la determinación de tecnologías, como se hizo en Herrero *et al.* (2020, 2021) y en el portal sobre soluciones innovadoras para los sistemas alimentarios (IFSS, por sus siglas en inglés), así como a las innovaciones institucionales y normativas.

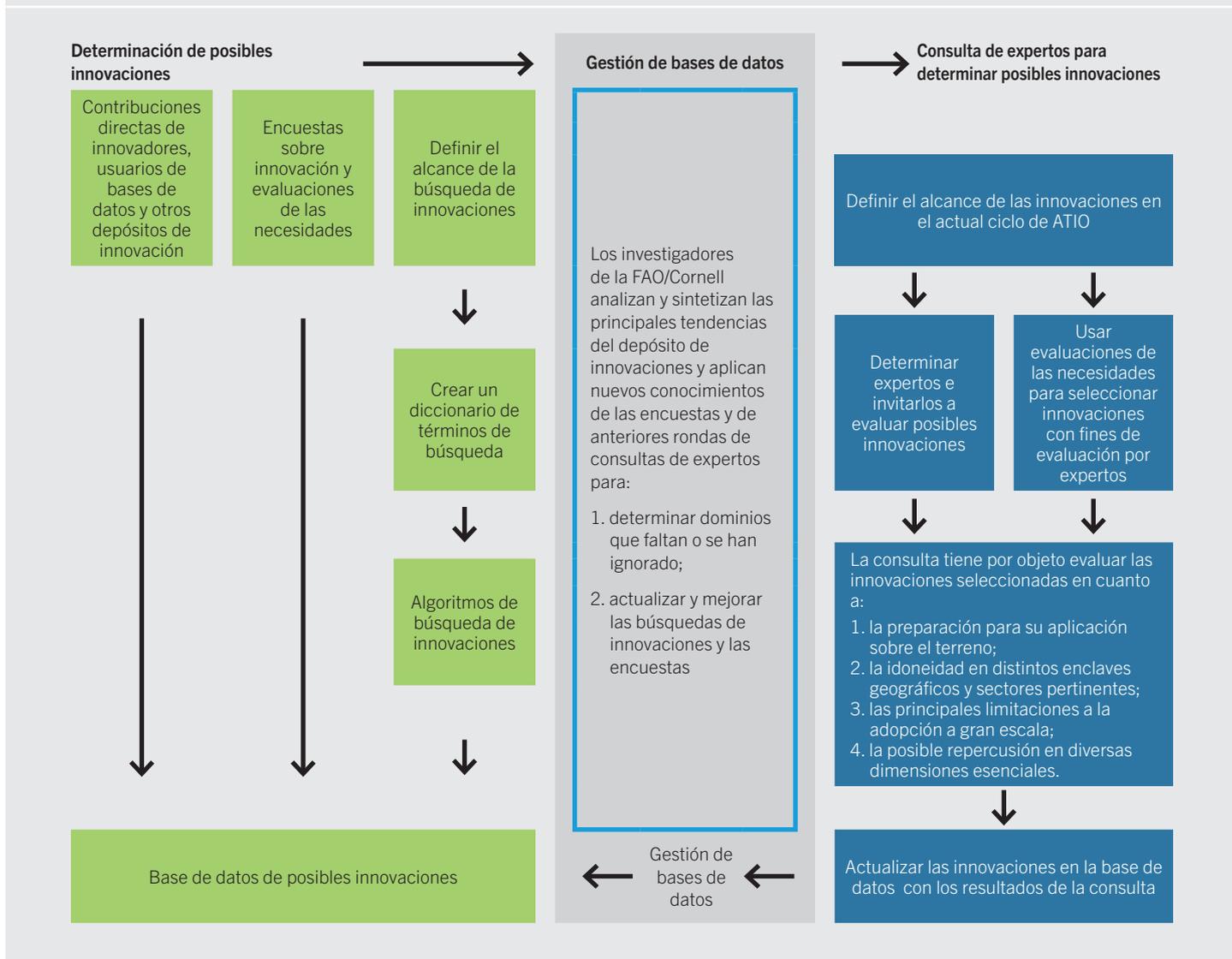
La combinación entre las evaluaciones de las necesidades y los expertos puede ayudar a determinar y priorizar las principales dificultades que encuentran los sistemas agroalimentarios en el entendimiento de que, históricamente, las innovaciones sociales, institucionales y normativas han surgido en respuesta a problemas sociales determinados y a modificaciones de los valores sociales. Además, estas consultas pueden complementar los indicadores de idoneidad y preparación para hacerse una idea de la preparación de las sociedades e instituciones para incorporar posibles cambios y reformas en atención a las necesidades (Selinske *et al.*, 2020). El ámbito preincipiente evoluciona constantemente, y no es posible dar cuenta de todas las formas posibles de ciencia, tecnología e innovación. No obstante, si estas actividades se llevan a cabo de forma constante e iterativa logrando que la interacción con expertos y el público en general se incorpore en el proceso de determinación mediante actualizaciones de los algoritmos de búsqueda (ampliación o restricción de los parámetros de búsqueda), con el tiempo este proceso debería dar cierta idea de las principales formas que están saliendo a la luz. En la [Figura 3](#) se señalan algunos de los diversos métodos de recopilación de datos, aunque no todos, que podrían utilizarse para determinar innovaciones preincipientes y los vínculos con expertos y partes interesadas que deberían servir de base a nuevas tareas de determinación y evaluación.

En la evaluación por expertos de determinadas innovaciones será preciso desentrañar varias condicionalidades esenciales. La invención de tecnologías, normas y prácticas culturales y entornos normativos y reglamentarios novedosos es una parte entre otras del curso

de las innovaciones, y para evaluar mejor las posibles innovaciones es necesario determinar su madurez (es decir, si está lista para la aplicación), la idoneidad de la innovación en función de contextos específicos (es decir, si es aplicable y puede ampliarse) y el potencial que ofrece, de ser adoptada a escala, para alterar y transformar los sistemas. Para ello, es preciso tener en cuenta las principales limitaciones y los entornos propicios que facilitan o estorban la adopción de posibles innovaciones, así como reconocer el carácter combinatorio de la adopción de innovaciones y determinar las innovaciones complementarias esenciales, ya sean tecnológicas, sociales o de carácter normativo, que se necesitarán para ampliar a escala la adopción. Las consultas de expertos sobre innovaciones preincipientes pueden aplicar y ampliar índices y tipologías existentes, como los niveles de madurez de la tecnología de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos de América (NASA) (véase el [Recuadro C](#)), el Índice de preparación para la tecnología (véase el [Recuadro D](#)) o el índice de la UNCTAD sobre la preparación de los países para las tecnologías de vanguardia (UNCTAD, 2021).

Partiendo del enfoque adoptado en Herrero *et al.* (2020, 2021), ATIO puede ampliar los parámetros de búsqueda de las formas pertinentes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios para velar por que la base de datos de ATIO sobre posibles innovaciones incluya no solo las innovaciones tecnológicas, sino también cambios importantes en las normas y prácticas socioculturales, la innovación en el ámbito normativo y reglamentario, la innovación institucional y los conocimientos infrautilizados y pasados por alto de fuentes indígenas, productores en pequeña escala y, en un sentido más amplio, empresarios informales en la esfera de los sistemas agroalimentarios. Además, ATIO puede incorporar de forma más sistemática mejores prácticas en materia de consultas estructuradas de expertos y pedir más expresamente a los expertos que evalúen las condicionalidades antes descritas para evaluar con mayor rigor determinadas formas. Con dicho fin, se propone una consulta de expertos que procure comprender cuatro cuestiones esenciales:

FIGURA 3 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN ITERATIVAS DE INNOVACIONES PREINCIPIENTES EN LAS QUE SE APLICAN MÉTODOS COMBINADOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS Y CONSULTAS DE EXPERTOS



1. Determinar la madurez de una posible innovación a efectos de su aplicación en el mundo real para resolver un problema dentro de un plazo determinado (por ejemplo, los próximos cinco años).
2. Determinar la idoneidad de esa innovación a efectos de su adopción en un contexto y un plazo determinados, sobre la base no solo de las características específicas de la innovación, sino también de factores individuales y socioculturales.

3. Determinar la capacidad de ampliación a escala de la innovación en contextos y plazos determinados, reconociendo las principales limitaciones y los cambios complementarios necesarios (por ejemplo, de carácter normativo, cultural o tecnológico) a efectos de su adopción a escala.
4. Evaluar la capacidad de transformación de las posibles innovaciones, de ser adoptadas a escala, teniendo en cuenta los posibles resultados positivos y negativos de su despliegue, al

RECUADRO C EVALUACIÓN DE LA MADUREZ Y LA PREPARACIÓN TECNOLÓGICAS

Se han elaborado diversos modelos para evaluar mejor la madurez de las tecnologías y sus posibilidades de adopción y difusión. Por lo que se refiere a la tecnología, la NASA (1991) elaboró los niveles de madurez de la tecnología a fin de determinar y describir sistemáticamente las distintas tecnologías en distintos grados de madurez que van de comunicación de investigación básica (Nivel 1) a aplicación demostrada (Nivel 9).

Esta escala parte de un proceso lineal de desarrollo tecnológico y facilita la previsión del desarrollo tecnológico al determinar en qué punto de las vías de desarrollo se encuentran actualmente estas tecnologías. Se han utilizado estos niveles en grupos de expertos para preparar calendarios de proyectos a corto y a largo plazo y establecer prioridades en las inversiones para impulsar tecnologías fundamentales que todavía no están listas.

Los nueve niveles de madurez de la tecnología de la NASA

| Investigación básica | Nivel 1: Observancia y comunicación de los principios básicos |
|--------------------------------|---|
| Viabilidad de la investigación | Nivel 2: Formulación del concepto o la aplicación de la tecnología |
| | Nivel 3: Demostración de la prueba de concepto |
| Desarrollo de tecnología | Nivel 4: Validación en un laboratorio |
| | Nivel 5: Validación en entornos pertinentes |
| Demostración tecnológica | Nivel 6: Demostración de un prototipo o prototipos parciales en un entorno pertinente |
| | Nivel 7: Demostración de un prototipo de sistema completo en un entorno pertinente |
| Desarrollo de sistemas | Nivel 8: Ultimación del sistema mediante ensayos y demostraciones |
| | Nivel 9: Aplicación y despliegue de la tecnología |

La determinación del nivel de madurez de una tecnología en particular es posible mediante puntuaciones aportadas por diversos investigadores o mediante procesos de consultas de expertos para evaluar y clasificar la madurez de una cartera de tecnologías e innovaciones. También puede

obtenerse más información sobre la madurez de diversas tecnologías mediante el examen de bases de datos sobre inversiones de capital de riesgo, gracias a lo cual pueden distinguirse fases de desarrollo (se analiza a continuación con más detalle).

Fuentes: NASA (1991) y Héder (2017)

tiempo que se procura controlar la situación desde la óptica de la Ley de Amara¹⁷.

Los desafíos que plantean las consultas de expertos se refieren no solo al diseño estructural, sino también a la determinación y selección de un grupo suficientemente amplio y diverso de expertos para garantizar una interacción provista de una amplia gama de perspectivas y conocimientos especializados pertinentes. Una serie sostenible y constante de consultas

17 Acuñada por R. Amara, que detectó la tendencia a sobreestimar (exagerar) el potencial de las innovaciones a corto plazo al tiempo que se subestima su repercusión a largo plazo.

RECUADRO D EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE ADOPCIÓN

La evaluación *ex ante* del potencial de adopción debe tener en cuenta los numerosos factores motivadores e inhibidores a los que responden las personas cuando deciden adoptar un nuevo enfoque. En reconocimiento de ello, Parasuraman (2000) propuso un Índice de preparación para la tecnología que cuantificaba la propensión de las personas a adoptar una nueva tecnología teniendo en cuenta

una serie de características y factores individuales que denotaban la voluntad de adoptar tecnologías novedosas (Blut y Wang, 2020). El Índice se cuantifica mediante una serie de cuestiones que utiliza una escala de Likert de 5 puntos con respecto a cuatro dimensiones principales (optimismo tecnológico, instinto de innovación, incomodidad e inseguridad) conforme se muestra en la **Figura 4**.

FIGURA 4 DIMENSIONES DEL ÍNDICE DE PREPARACIÓN PARA LA TECNOLOGÍA

Fuente: Parasuraman (2000)

Mientras que el Índice de preparación para la tecnología se centra principalmente en la persona, son esenciales otros factores, como un ambiente propicio, para determinar la manera de adoptar y difundir sistemáticamente una tecnología, práctica o norma novedosas. Como los niveles, este Índice puede estimarse mediante consultas de expertos,

pero también podría dirigirse a audiencias más amplias mediante producción colectiva. Asimismo, debería ampliarse para tener en cuenta las influencias socioculturales, económicas y políticas que limitan las elecciones personales, como el modelo de Afshin *et al.* (2014) de influencias en múltiples niveles en las opciones alimentarias.

de expertos que sirvan de base a ATIO presenta asimismo desafíos relativos al mantenimiento de la interacción con los expertos durante un período prolongado, en lugar de dirigirse a ellos para una sola consulta.

En el resto de la presente sección se examinarán otros recursos y fuentes de datos posibles para elaborar y ampliar un inventario de innovaciones preincipientes antes de examinar los desafíos y enfoques para construir un proceso estructurado de consultas de expertos para evaluar las innovaciones preincipientes.

6.1 CREACIÓN DE UN INVENTARIO DE POSIBLES INNOVACIONES

El carácter de las innovaciones incipientes supone que tal vez sean muy escasas las publicaciones académicas y que la literatura gris disponible sea vaga a causa de la falta de aplicaciones concretas o para proteger la propiedad intelectual en ciernes. No obstante, se puede tratar de catalogar sistemáticamente las innovaciones agroalimentarias preincipientes compilando una amplia y extensa fuente de posibles innovaciones.

Pueden aprovecharse los enfoques con los que se ha procurado catalogar tecnologías prometedoras, como la compilación de listas de nuevas empresas agroalimentarias que puede que apliquen tecnologías y enfoques novedosos y la recopilación de información sobre las innovaciones que están poniendo en práctica. Aparte del acceso a bases de datos de empresas nuevas, estas listas pueden complementarse extrayendo información sobre las fuentes de financiación de las empresas agroalimentarias nuevas (en el Apéndice B figuran ejemplos de posibles fuentes de información sobre nuevas empresas agroalimentarias y sus fuentes de financiación).

Análogamente, el panorama de la innovación normativa puede explorarse evaluando los resultados (por ejemplo, libros blancos) de centros de estudios influyentes sobre políticas (como el Brookings Institute, Chatham House o la Red de análisis de políticas sobre recursos alimentarios, agrícolas y naturales), instituciones académicas y bancos de desarrollo, para detectar posibles innovaciones normativas e institucionales.

Tal vez sea más difícil encontrar fuentes en relación con las innovaciones infrautilizadas y a menudo pasadas por alto, que pueden haber dejado una huella más limitada en la literatura convencional (gris o revisada por pares). Puede que ello exija redoblar los esfuerzos por recopilar activamente esa información mediante estudios selectivos y convocatorias abiertas rápidas a efectos de que expertos de cualquier ámbito puedan cumplimentar un breve formulario en línea en el que se les pedirá que determinen formas prometedoras de ciencia, tecnología e innovación en su sector. La convocatoria abierta ofrece a los expertos la oportunidad de participar en ATIO con poco compromiso. También pueden explorarse métodos de producción colectiva y enfoques de ciencia ciudadana para tratar de determinar una gama más amplia de formas de ciencia, tecnología e innovación. Todos estos enfoques pueden ayudar no solo a determinar formas esenciales de estas, sino también a configurar algoritmos de búsqueda con palabras de búsqueda únicas utilizadas como palabras clave en sistemas de procesamiento del lenguaje natural. Otra posible fuente de información sobre empresarios desatendidos y menos representados podría encontrarse en las plataformas que promueven la financiación colectiva de capital (**Recuadro E**).

RECUADRO E FINANCIACIÓN COLECTIVA EN EL SUR DEL MUNDO

En lo fundamental, los empresarios en fases iniciales se autofinancian o reciben apoyo de familiares y amigos (Spiegel *et al.*, 2016). Estos mecanismos son a menudo informales, por lo que resulta difícil hacerse una idea completa de las fuentes de financiación inicial de los sistemas agroalimentarios. Con todo, recientes avances en la financiación colectiva ofrecen fuentes novedosas de información sobre las fuentes de financiación de nuevas empresas. Estas plataformas contribuyen a vincular a emprendedores con inversores ayudando a fomentar el conocimiento de la marca y vinculando las nuevas empresas con posibles clientes.

El desarrollo del modelo de financiación colectiva de capital es especialmente pertinente para ATIO, cuyo objetivo es aumentar la transparencia de las inversiones y donaciones, así como mejorar el acceso a la financiación, en particular a favor de grupos desfavorecidos que históricamente han tenido un acceso limitado a la financiación y al apoyo para el emprendimiento.

La expansión de las plataformas de financiación colectiva ha sido impresionante en el marco del desarrollo de diversas plataformas de ese tipo en los planos internacional, regional y nacional. Además, se han desarrollado plataformas de financiación colectiva más especializadas dirigidas a empresas nuevas en etapas de desarrollo específicas (por ejemplo, en la fase de inversión inicial) o dentro de sectores específicos de la economía, como nuevas empresas agroalimentarias. También han surgido plataformas de financiación colectiva de ámbito regional en África, América Latina y Asia, y algunas de ellas operan fundamentalmente a escala nacional, mientras que otras operan en diversos países de la región. Aunque las plataformas de financiación colectiva presentan considerables variaciones, es común a todas ellas la aspiración a ampliar el acceso a la financiación a poblaciones antes desatendidas.

A continuación figura una muestra de las distintas plataformas de financiación colectiva que podrían ser valiosas fuentes de información sobre la actividad empresarial en el ámbito agroalimentario.

Selección de posibles plataformas mundiales pertinentes de financiación colectiva

| Inversión general | Plataformas para fases iniciales | Concentración en la agroalimentación |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Kickstarter | Crowdcube | Foodhack |
| Indiegogo | Seedrs | Vegan Launch |
| Crowdfunder | Ourcrowd | Sustainable Food Ventures |
| Wefunder | Fundify | |
| Angellist Venture | Funding Societies | |
| Kiva | | |

Selección de posibles plataformas regionales pertinentes de financiación colectiva

| África | Asia | América Latina |
|--|----------------------------|--|
| Farmcrowdy (Nigeria) | Oporajoy (Bangladesh) | PlayBusiness (México) |
| Sokaab (regiones de Somalia) | SeedOut (Pakistán) | Kickante (Brasil) |
| Fundkiss Technologies Limited (Mauricio) | Wadiz (República de Corea) | GreenCrowds (Ecuador) |
| Backabuddy (Sudáfrica) | Sinwattana (Tailandia) | Patrociner (Perú) |
| M-Changa (Kenya, Sudáfrica) | LetsVenture (India) | Broota (Chile) |
| Zidicircle (Etiopía, Ghana, Kenya) | Tanifund (Indonesia) | Idea.me (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Estados Unidos de América, México, Uruguay) |

6.2 DEFINICIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS ESPECIALIZADOS PERTINENTES

Los procesos de consulta de expertos van dirigidos a recabar conocimientos teóricos y especializados de difícil acceso en torno a una amplia gama de perspectivas para ayudar a fundamentar mejor nuestra comprensión de cuestiones muy inciertas pero importantes. La selección de los participantes en la consulta determinará notablemente los resultados, así como la aceptación por el público en general de las conclusiones alcanzadas (Knol *et al.*, 2010). En consecuencia, es esencial seleccionar un grupo de expertos que representen una gama amplia pero pertinente de perspectivas y conocimientos. Además, este grupo de expertos deberá variar en cada edición de ATIO para garantizar que el alcance de los conocimientos representados por los expertos seleccionados refleje las principales esferas exploradas en la edición de que se trate. En vista de los numerosos efectos posibles derivados de la transformación de los sistemas agroalimentarios a gran escala, es importante que se dé cabida a perspectivas distintas de la dimensión tradicional centrada en la tecnología y la productividad a fin de tener en cuenta las consecuencias para el medio ambiente, los medios de vida, la equidad, la justicia, los hábitos de consumo, las dietas y los resultados en materia de salud y nutrición.

Según Knol *et al.* (2010), podrán tenerse en cuenta varios tipos principales de expertos que se necesitarán en las evaluaciones por expertos de las innovaciones preincipientes:

1. Expertos temáticos o tecnológicos, que son decisivos para evaluar cuestiones sobre tecnologías específicas, en particular la madurez de la innovación y los insumos necesarios, al igual que los resultados que se buscan con la adopción.
2. Generalistas provistos de conocimientos sobre la disciplina en cuestión y un conocimiento del contexto más amplio en materia de elaboración, adopción y difusión de innovaciones. Estos expertos son esenciales para poner de relieve los obstáculos a la capacidad de ampliación y determinar las principales limitaciones a la adopción a escala y en función de contextos específicos.
3. Profesionales sobre el terreno, como agricultores, productores, procesadores de alimentos y comerciantes, que cuentan con experiencia práctica esencial sobre el terreno para determinar posibles obstáculos a la adopción a escala y pueden determinar fuentes locales de innovación que de otro modo podrían pasarse por alto. Especialistas en pensamiento divergente y prospectivo habituados a plantearse e imaginar consecuencias no deseadas de las innovaciones y el cambio social. Estos expertos son fundamentales para plantear cuestiones y preocupaciones relativas a las posibles consecuencias imprevistas de la adopción, así como para reconocer importantes relaciones no lineales en la adopción de innovaciones a escala.
4. Expertos en consultas de expertos. Se trata de expertos importantes para contribuir a la organización y síntesis de los resultados de las consultas de expertos.

Aunque anteriormente las consultas de expertos a menudo se han centrado en la selección de profesionales técnicos y académicos (que, por ejemplo, están afiliados a una institución de investigación, pública o tecnológica pertinente), las transformaciones que podrían derivarse de estas innovaciones pueden afectar a la sociedad en su conjunto, por lo que es importante contar con una definición amplia de la especialización a fin de aumentar las probabilidades de contar con el mayor número posible de perspectivas pertinentes. El hecho de que los conocimientos sustantivos de las innovaciones preincipientes no estén disponibles directamente en fuentes publicadas y académicas viene a corroborar que es preciso contar con una definición más amplia de la especialización para dar cabida también a profesionales sobre el terreno (como productores primarios, elaboradores de alimentos, comerciantes de productos básicos), negocios,

instancias gubernamentales, la sociedad civil y expertos en salud y nutrición, garantizando a la vez la diversidad geográfica, cultural y de género.

6.3 DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DE POSIBLES EXPERTOS

Debe determinarse el número de expertos necesario en función del nivel de incertidumbre de las preguntas que se les formulan y teniendo en cuenta los desafíos en materia de facilitación que plantea la gestión de grupos grandes de expertos.

Para mejorar aún más el proceso de consulta de expertos en el ámbito de ATIO, deben organizarse múltiples consultas en paralelo, en vista de que el alcance de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios es amplio, por lo que no es práctico limitar los conocimientos especializados a un único grupo. Ello permite también mayor divergencia en relación con los temas y cuestiones que pueden explorarse simultáneamente. Los grupos de expertos presentan varias ventajas fundamentales. Cuando se los divide en grupos, se les pueden plantear preguntas de calibración más selectivas para mejorar la ponderación de sus respuestas (método de Cooke). En las encuestas para los grupos también pueden figurar preguntas más selectivas, lo cual aumentará la precisión de las respuestas y permitirá que estas resulten más reveladoras. Además, en todas las encuestas para grupos pueden figurar preguntas más generales dirigidas a cada grupo para que puedan establecerse comparaciones entre todos los expertos que toman parte en el estudio (Aspinall *et al.*, 2016). Asimismo, la organización en paralelo de múltiples grupos puede ayudar a reducir la carga individual que recae en los expertos participantes, lo cual eleva las probabilidades de que sigan participando.

En vista del alto grado de incertidumbre en la evaluación de las innovaciones preincipentes, en relación con las cuales puede que las opiniones

de los expertos presenten grandes variaciones, es probable que los grupos de expertos de ATIO tiendan a ser grandes, a razón de 15 a 20 participantes por grupo (Aspinall, 2010). Sin embargo, la selección de estos expertos debería hacerse con cuidado para velar por que aporten perspectivas singulares correspondientes a la totalidad de los sistemas agroalimentarios, pues agregar más expertos cuyas opiniones y perspectivas coinciden resta valor y puede crear una falsa impresión de consenso.

Tradicionalmente se ha seleccionado a los expertos mediante una serie de prácticas comunes, como sus conocimientos y experiencia sobre el terreno comprobados, el reconocimiento por parte de sus pares y del público en general y las contribuciones a resultados de investigación (Bojke *et al.*, 2021). Existen indicadores que podrían utilizarse para simplificar el proceso de determinación de expertos y reducir el tiempo que se dedica a ello. Algunos de los indicadores utilizados habitualmente para definir a un experto son la edad, los años de experiencia en su especialidad, el alcance de esta (expertos con un grado de especialización amplio o restringido), el número de publicaciones y la experiencia en determinados ámbitos de la investigación o la industria (Antonelli *et al.*, 2019). Aunque puede que estos indicadores básicos sean indicio de prestigio antes que de verdadera especialización (Burgman *et al.*, 2011), en última instancia el umbral decisivo de selección deberá ser la capacidad de los expertos de comprender las preguntas en el marco de las consultas y responder a ellas. Esta última fase puede tener lugar gracias a una reunión inicial en la que se dé a los expertos seleccionados la oportunidad de aprender el diseño y la finalidad de la consulta y formular preguntas de aclaración antes de comprometerse a participar en ella (Hemming *et al.*, 2017).

Para mejorar aún más la selección final de expertos, los investigadores deberían tratar de diversificar lo más posible la reserva de expertos. “La diversidad debe expresarse en variaciones de edad, género, entorno cultural, experiencia vital, educación y especialización, que son indicios sustitutos de la diversidad cognitiva” (Page, 2008, citado en Hemming *et al.*, 2017). En vista de la necesidad de ampliar la determinación y selección de expertos

más allá de los expertos tradicionales, será necesario complementar los métodos tradicionales de determinación de expertos con esfuerzos expresos por incorporar perspectivas en materia de innovación en los sistemas agroalimentarios desde una óptica no tradicional e infrarrepresentada (por ejemplo, la de los productores en pequeña escala o los pueblos indígenas).

Una posible fuente de expertos está formada por los oradores y participantes en las numerosas cumbres y conferencias agroalimentarias que se celebran en todo el mundo. Como consecuencia de la COVID-19, estas cumbres se celebran más que nunca en modalidad virtual, lo cual a veces puede permitir la participación de más personas. El panorama de las conferencias internacionales en el ámbito agroalimentario varía en función de la escala, intención, concentración y asociación. Para establecer una sección transversal amplia de conferencias, se procedió a la búsqueda inicial de cualquier conferencia en materia de innovación, tecnología, inversión o transformación en los sistemas agroalimentarios. Tras un rápido balance de conferencias recientes, se determinaron cuatro categorías generales: académicas, de la industria, sobre políticas públicas y sobre capital de riesgo. No se pretende que esta categorización sea exhaustiva, sino que ayude a señalar que distintos tipos de conferencia tienen objetivos distintos, lo cual puede facilitar la determinación de expertos de distintos orígenes, pues es probable que quienes participen en estas conferencias distintas destaquen en distintos ámbitos del panorama de la innovación en un sentido más amplio. Por ejemplo, puede que los inversores comprendan mejor las condiciones del mercado y las limitaciones de financiación en un sentido más amplio, mientras que los expertos de la industria tal vez comprendan con mayor detalle la madurez tecnológica y los rasgos de los productos, y son mayores las probabilidades de que los expertos en políticas públicas tengan conocimiento de las consecuencias no pretendidas y planteen cuestiones en materia de equidad y justicia. En el **Cuadro 2** se resumen algunas de las características principales de estas distintas categorías de conferencias.

6.4 CONSULTAS ESTRUCTURADAS DE EXPERTOS PARA ATIO

El proceso de consultas de expertos para ATIO debe diseñarse y ejecutarse para que sea sostenible a largo plazo, tanto para los expertos participantes como para los investigadores que se dedican a recopilar y agregar información. Con dicho fin, se entiende por proceso sostenible aquel que se puede llevar a cabo con frecuencia, permite reconocer y reducir al mínimo el compromiso de tiempo necesario para los participantes y los investigadores e impide la pérdida de participantes como consecuencia de su desgaste, al tiempo que genera datos fiables y válidos. Para conseguirlo deberá elaborarse una plataforma de datos de investigación para las consultas de expertos que facilite la realización de encuestas a los expertos antes de reunir, compilar y agregar las estimaciones de los expertos en formatos de fácil acceso y comprensión a fin de que sirvan de base a los debates de los expertos y faciliten posteriormente el análisis y la agregación de resultados en ATIO.

No existe ningún modelo consensuado de consulta de expertos, pero el protocolo IDEA (investigar, debatir, estimar y agregar) se está convirtiendo en una colección reconocida de protocolos flexibles para el proceso de consulta que mejoran la funcionalidad y la experiencia de los usuarios respecto de las consultas. Los protocolos sintetizan las mejores prácticas de diversos métodos de consulta Delphi y de expertos (Hemming *et al.*, 2017; en el Apéndice C figuran más detalles sobre enfoques de consulta de expertos) en torno a cuatro aspectos clave:

1. Investigar (I): todos los expertos responden a preguntas y presentan justificaciones a título individual.
2. Debatir (D): los expertos debaten sobre los resultados anonimizados de la primera ronda de preguntas, y se les ofrece la oportunidad de

CUADRO 2 RESUMEN DEL BALANCE RÁPIDO DE CONFERENCIAS SOBRE INNOVACIONES AGROALIMENTARIAS Y POSIBLES EXPERTOS PARTICIPANTES

| Ámbito de la conferencia | Mundo académico | Industria | Políticas públicas | Capital de riesgo |
|---|--|--|--|--|
| Tipos de cuestiones que se examinan | Adaptación al clima, economía circular, desperdicio de alimentos, biodiversidad, dietas saludables | Proteínas alternativas, digitalización, protección de cultivos biológicos, cadena de suministro, diseño circular | Ampliación a escala/ mecanización de las pequeñas explotaciones agrícolas, descarbonización, resiliencia, transformación de los sistemas alimentarios, adaptación al clima/ mitigación de sus efectos, dietas saludables | Proteínas alternativas, innovaciones en las tiendas de comestibles, cadena de suministro, digitalización |
| Innovaciones puestas de relieve | Sistema mundial de pronóstico, atención particular a las soluciones digitales y de datos, seguros indexados, datos sobre la actividad agrícola, modelos de gobernanza/ propiedad | Teleobservación de cultivos, inteligencia artificial, cadena de bloques, macrodatos, proteínas vegetales, robótica | Gestión orgánica de plagas, preparación circular de compost, plataformas de datos de libre acceso, adelantos en materia de hidroponía | Hidroponía, carne de origen vegetal, productos lácteos alternativos, alimentos funcionales, robótica, datos y análisis, insumos vegetales alternativos |
| Alcance de las cuestiones que se examinan | Mundial, ingresos bajos, ingresos medianos | Ingresos altos | Mundial, ingresos bajos, ingresos medianos | Ingresos altos |
| Valor del aporte de los expertos en esta categoría | Información sobre la investigación pertinente | Información sobre las innovaciones incipientes, haciendo hincapié en la escala, la producción y el mercado existente | Información sobre el potencial de aplicación, modelos existentes, intervenciones satisfactorias anteriores, situación de los sistemas agroalimentarios | Información sobre las últimas innovaciones (lo que se financia y lo que no), valor de producción y de mercado |
| Posibles expertos que tener en cuenta | Oradores, ponentes | Expositores, oradores, ponentes, juntas consultivas | Oradores, ponentes, juntas consultivas | Oradores, ponentes, juntas consultivas |

formular preguntas y dar a conocer información pertinente.

3. Estimar (**E**): todos los expertos vuelven a responder a preguntas a título individual revisando y actualizando las estimaciones, de ser preciso, partiendo de las ideas derivadas de la fase de debate.
4. Agregar (**A**): se agregan los resultados individuales para resumir las respuestas de los expertos.

ATIO, que sigue el protocolo IDEA y se basa en métodos Delphi tradicionales, realizaría encuestas de visitas repetidas en las que los expertos examinarían y debatirían los resultados

agregados de las rondas anteriores de respuestas de expertos, y se les daría la oportunidad de ajustar y actualizar sus propias estimaciones mediante el intercambio de datos entre expertos y la resolución de los casos de ambigüedad lingüística (Hemming *et al.*, 2017). Los enfoques Delphi tradicionales han empleado estas etapas para fomentar el consenso entre expertos (Cole, Donohoe y Stellefson, 2013), pero el consenso no es un requisito en el marco de la consulta de expertos de ATIO, pues puede que resulte más valioso señalar tanto los puntos de consenso como los casos de persistencia de una incertidumbre sustantiva y divergencia de opiniones. Al igual que el enfoque adoptado por Chrysafi *et al.* (2022)

FIGURA 5 FLUJO DE TRABAJO PROPUESTO PARA EVALUAR LAS INNOVACIONES PREINCIPIENTES



para estimar los vínculos entre los procesos del sistema Tierra, la consulta de expertos de ATIO incorporaría en paralelo consultas de expertos en un flujo de trabajo orientado a compilar y sintetizar de forma constante e iterativa la comprensión de las innovaciones preincipientes de modo que los resultados de cada edición de

ATIO se reincorporen en depósitos de datos sobre las innovaciones preincipientes y se pongan de manifiesto las principales lagunas que deben ser objeto de atención en futuras rondas (Figura 5). En el Apéndice C figura una descripción detallada paso por paso de una consulta de expertos de ATIO.



MADAGASCAR

Rahova, vendedora de pescado, espera junto a una barca con pescado comprado antes a pescadores.

CAPÍTULO 7

INDICADORES RELATIVOS A FORMAS INCIPIENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Se entiende por forma incipiente de ciencia, tecnología e innovación una nueva tendencia, innovación, aplicación de una tecnología existente o una tecnología novedosa, política, institución u otra innovación cuyo uso se ha introducido en el mundo real (más allá de los ensayos gestionados por investigadores) en los últimos años. Estas formas incipientes pueden aparecer en primer lugar como temas de actualidad en los medios sociales, ideas patentadas por empresarios, empresas financiadas recientemente mediante capital de riesgo o nuevas iniciativas de base puestas en marcha por agricultores, pescadores, pastores u otras comunidades de innovadores informales en pequeña escala en el ámbito de los sistemas agroalimentarios. Los datos correspondientes a distintos ámbitos de ciencia, tecnología e innovación en una fase incipiente a menudo están conectados entre sí y presentan indicadores referentes a facetas múltiples, cuando no a todas ellas. Además, una forma de ciencia, tecnología e innovación puede surgir en un lugar mucho antes que en otro, así como en modalidades distintas en distintos lugares. Todo ello dificulta en suma medida el seguimiento de las formas incipientes de estas.

Es importante tener en cuenta la manera en que los motores de las distintas formas de ciencia, tecnología e innovación y la infraestructura aparecen reflejados en el discurso sobre los sistemas agroalimentarios en general. En Fanzo *et al.* (2021) se determinan dos espacios en los que se produce innovación (Figura 6): las cadenas de suministro de los sistemas alimentarios y las esferas específicas de los sistemas de producción, el almacenamiento y distribución, el procesamiento y envasado, la venta al por menor y los mercados; y los entornos alimentarios, la disponibilidad de alimentos y el acceso físico, el acceso económico, la promoción, la publicidad y la información y la calidad e inocuidad de los alimentos. Es posible comprender

el punto de encaje de la ciencia, la tecnología y la innovación dentro de los sistemas agroalimentarios aprovechando la inteligencia artificial para sacar a la superficie y detectar distintos tipos de tecnología e innovación y organizarlos en torno a un marco que ponga de relieve las innovaciones tecnológicas, sociales, económicas y ecosistémicas.

La información sobre las tecnologías incipientes que podrían ser aptas para los fines previstos en los países de ingresos medios y bajos no provendrá de una sola fuente de datos. La determinación de cualquier tecnología o servicio, por prometedor que sea, deberá compararse con datos sobre la viabilidad en el país y con indicadores como la conectividad, la electrificación, las carreteras y la infraestructura disponibles.

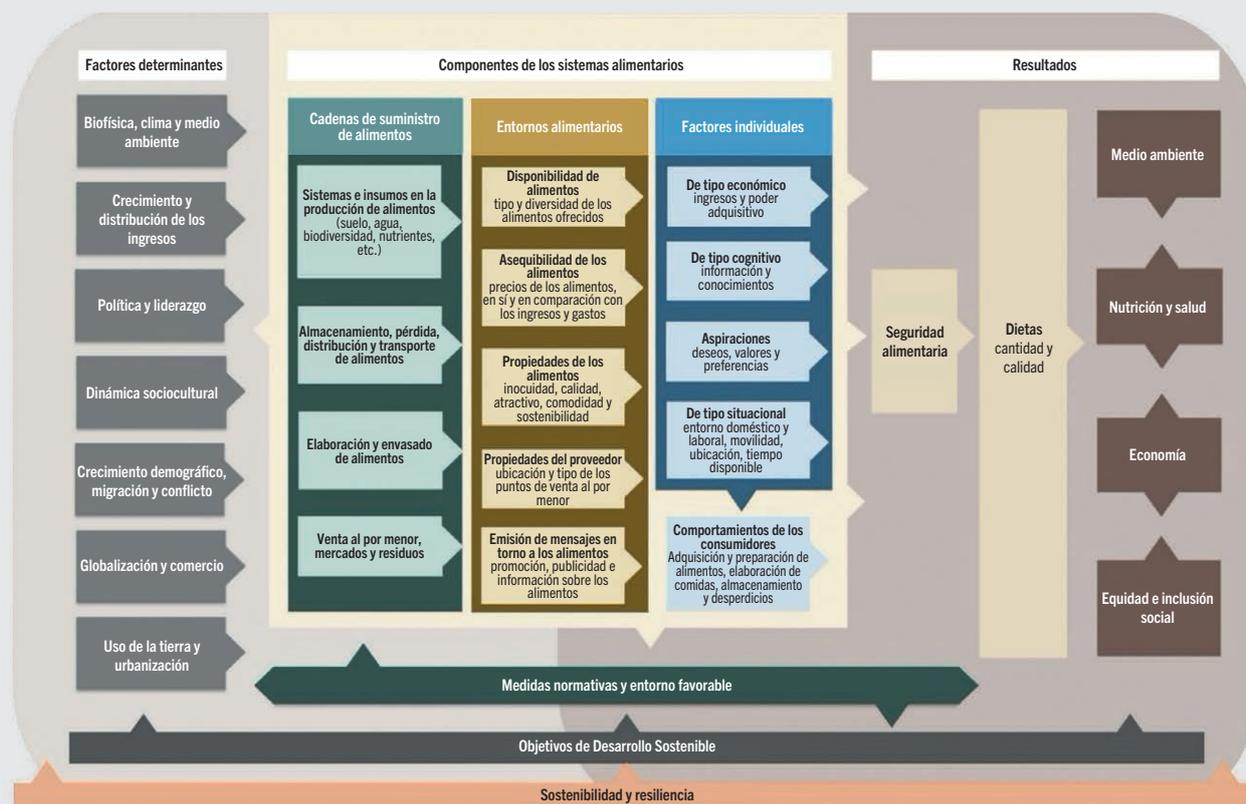
7.1

INDICADORES Y FUENTES DE DATOS

Se evaluó la pertinencia de 65 fuentes de datos. A continuación se determinaron las fuentes por tipo y se sometieron a una agrupación de indicadores más amplia (véase la Figura 7). Cabe señalar que a continuación se presenta sin más una demostración de la manera en que ATIO podría encargarse de recopilar datos sobre la ciencia, la tecnología y la innovación mediante estos métodos; el enfoque debería ser objeto de una leve adaptación a otros tipos de innovación.

Viabilidad comercial: El primer agrupamiento de indicadores se centra en el concepto de viabilidad comercial, que presta atención a la viabilidad de

FIGURA 6 MAPA CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS



Fuente: Fanzo *et al.* 2021.

mercado de la idea y su capacidad de atender la demanda de los consumidores o cumplir el papel que se le ha reservado (Gobierno de Queensland, 2019; <https://www.business.qld.gov.au/starting-business/planning/idea/feasibility>).

La viabilidad comercial puede determinarse examinando diversos tipos de fuentes, incluidos datos sobre patentes e inversión.

- ▶ Los datos sobre patentes, que ofrecen una rica fuente de información sobre la innovación, han sido objeto de amplio uso como indicadores de la innovación (Sampson, 2007). Algunos autores sostienen que el número de patentes es un indicador sistemático y objetivo para medir la innovación y que los datos sobre patentes ofrecen tanto sistematicidad como objetividad (Boone *et al.*, 2019).

- ▶ Los datos sobre las inversiones públicas y privadas pueden poner de manifiesto servicios y productos incipientes y presentar nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación que no han madurado del todo en cuanto a ideación, pero cuentan con un plan operativo suficiente para recabar cierto nivel de inversión externa.
- ▶ Google Play Store permite examinar aplicaciones que han demostrado su viabilidad comercial al estar disponibles en un mercado público. Mediante una exploración novedosa de estas bases de datos podrían abordarse parcialmente las cuestiones relativas a la determinación de los servicios informales que surgen en los países de ingresos medios y bajos.

Pueden determinarse formas de ciencia, tecnología e innovación correspondientes a este indicador

FIGURA 7 INDICADORES Y SUS FUENTES DE DATOS

vigilando anuncios nuevos e información actualizada sobre patentes e inversiones (privadas y públicas) y extrayendo datos de las actualizaciones de aplicaciones aparecidas en Google Play Store a fin de detectar las aplicaciones añadidas recientemente. Además, la información nueva sobre la viabilidad comercial estará íntimamente ligada a la manera en que se recopilen los datos y la información correspondientes a los indicadores siguientes; por ejemplo, las fuentes de noticias en las que se determinan nuevas inversiones destacadas en estas formas también podrían aparecer en fuentes de datos examinadas en relación con el indicador de tendencias.

Tendencias: El segundo grupo de fuentes de datos puede incluirse en una categoría más amplia de datos sobre las tendencias. Se trata de fuentes basadas en texto que ofrecen información sobre innovaciones, tecnologías y disciplinas científicas en el ámbito agrotecnológico. Resumir, agrupar y analizar las últimas noticias tecnológicas puede aportar la información más actualizada sobre las actuales tecnologías en el ámbito de los sistemas agroalimentarios disponibles en el mercado. Esta información puede utilizarse en combinación con indicadores de otros grupos para adoptar decisiones sobre las formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación examinadas por expertos y organizaciones.

- ▶ Las plataformas de innovación ofrecen sólidos valores sustitutos para determinar las tendencias de la ciencia, la tecnología y

la innovación. Estas plataformas ofrecen un espacio de aprendizaje y cambio que funciona como instrumento de apoyo a los procesos de innovación abierta. Aglutinan en un único lugar a distintos agentes del ecosistema para determinar soluciones o cumplir objetivos comunes (Tui *et al.*, 2013).

El seguimiento de este indicador exige antes que nada el examen periódico de noticias, medios de información e información actualizada sobre actos y plataformas en materia de innovación para que aparezca en ATIO una gran diversidad de fuentes e idiomas. El seguimiento de los programas de los actos de alto nivel también puede ayudar a determinar información nueva sobre las tendencias de las formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación. Todo examen de los medios de comunicación en el marco de ATIO tendrá lugar en consulta con un especialista en comunicaciones y medios para velar por que los resultados y las investigaciones tengan sentido (por ejemplo, teniendo en cuenta el peso relativo y el sentimiento, evitando la doble contabilización y dirigiendo las búsquedas a objetivos concretos).

Repercusión científica y tecnológica: Las fuentes de datos dentro de esta categoría guardan relación primordialmente con las investigaciones científicas sobre la repercusión de la tecnología de los sistemas agroalimentarios, las evaluaciones de la adopción de tecnologías y los análisis de ecosistemas digitales y de datos. Por ejemplo, en Sott *et al.* (2021) se señala que las realidades

umentadas siguen estando poco exploradas en la agricultura, mientras que estas tecnologías han sido objeto de amplio uso en otros sectores, como los macrodatos, la cadena de bloques y la elaboración de modelos matemáticos y de simulación. Además, Silva y Silva-Mann (2021) emplearon análisis bibliométricos para estudiar los principales temas sobre innovación tecnológica en el ámbito de la agricultura que más han crecido en cuanto a publicaciones científicas y clasificar técnicas que pueden representar un período prolongado y fomentar el conocimiento de los indicadores científicos y la tecnología.

Al igual que la viabilidad comercial y las tendencias, este indicador debe contar con un plan de seguimiento coherente a fin de recopilar y actualizar información sobre las repercusiones científicas y tecnológicas. Mediante el uso de noticias y medios de comunicación, el rastreo de información de las editoriales y publicaciones, así como la asistencia a conferencias y actos y el examen de los materiales derivados de estos puede detectarse y vigilarse nueva información en relación con las repercusiones científicas y tecnológicas.

7.2 ACCESO A LOS DATOS Y DISPONIBILIDAD DE FUENTES DE DATOS

El acceso es un rasgo destacado de cualquier tipo de datos que se utilicen en ATIO, ya sean estructurados, semiestructurados o desestructurados, pero el mantenimiento de recursos en línea exige un considerable volumen de infraestructura informática y recursos de gestión. Ya se han ensayado y validado casos de uso de modelos de procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático para determinar innovaciones de bases de datos académicas y más de 25 fuentes de literatura gris en una recopilación específica publicada por Nature Research en 2020, *Ceres2030: Soluciones sostenibles para poner fin al hambre* (Acevedo *et al.*, 2020; Baltenweck *et al.*, 2020; Bizikova *et al.*, 2020; Liverpool-Tasie *et al.*, 2020;

Maiga *et al.*, 2020; Piñeiro *et al.*, 2020; Porciello *et al.*, 2020; Ricciardi *et al.*, 2020; Stathers *et al.*, 2020). ATIO puso a prueba estos métodos en relación con nuevas y diversas fuentes de datos pertinentes para detectar la innovación en distintas fases del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación, en particular datos sobre patentes, fuentes de noticias, medios sociales y otros datos no estructurados.

Se entiende por interfaz de programación de aplicaciones un programa de intermediación informática que permite el diálogo entre dos aplicaciones. Estas interfaces se utilizan para poner sus datos y su funcionalidad a disposición de terceros. Estos servicios indican a menudo que los datos se actualizan con frecuencia (en algunos casos, como en los datos meteorológicos, en tiempo real), que se permiten la reutilización y la integración de datos en otros programas y que los datos extraídos se normalizarán, todos ellos rasgos importantes al estudiar la manera de aprovechar múltiples fuentes de datos con fines de análisis permanente.

A título de prueba de concepto, se llevó a cabo una serie de consultas ligeras para recabar sugerencias sobre los lugares donde pueden encontrarse datos pertinentes sobre las tendencias de la industria en los países de ingresos medianos y bajos e investigaciones sobre ejercicios semejantes centrados en la determinación de la gestión de datos sobre innovación y tecnología en la esfera agrícola. Se hallaron 65 fuentes posibles con interfaces de programación de aplicaciones existentes (Apéndice D) para determinar posibles maneras de aprovechar en el futuro estas fuentes de datos junto con los conocimientos procedentes de recursos académicos y de la literatura gris mediante métodos semejantes de procesamiento del lenguaje natural. En última instancia, al seleccionar 19 de las fuentes se evaluó:

- i. la posibilidad de aplicar técnicas de procesamiento del lenguaje natural;
- ii. la accesibilidad de los datos en función de si existía o no un muro de pago;
- iii. una determinación de la manera en que se muestran y categorizan los datos;
- iv. la frecuencia con que se actualiza la fuente;
- v. opiniones personales o profesionales sobre la calidad de los datos.

En el **Cuadro 3** figura una lista (no exhaustiva) de fuentes que ATIO puede aprovechar y un inventario válido para determinar dónde cabe esperar problemas de acceso con respecto a las suscripciones y a la disponibilidad de una interfaz de programación de aplicaciones. Importa saber que muchos de los recursos señalados como suscripciones o sitios web deberán recibir supervisión y recursos adicionales en el proceso de tramitación de los insumos y de los datos sobre capacitación. El proceso de evaluación comportó examinar si una fuente de datos contaba con una interfaz de programación de aplicaciones y, en caso contrario, si se prestaba a un proceso conocido como raspado web, con arreglo al cual puede crearse código personalizado para extraer información del sitio web. Otros criterios de evaluación se refieren a la disponibilidad de metadatos, la frecuencia con que se actualizan las fuentes y la posibilidad de utilizar inteligencia artificial para obtener ideas. En el Apéndice D figura más información sobre los recursos.

7.3 DETERMINACIÓN DE TECNOLOGÍAS INCIPIENTES A PARTIR DE DATOS NO ESTRUCTURADOS MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La determinación precoz de tecnologías incipientes en el ámbito de la agricultura es esencial para el diseño y la adaptación de nuevos mercados, políticas, programas, infraestructuras y formas de I+D y educación. Con la detección de tecnologías agrícolas incipientes se dispone de más oportunidades de examinar su posible repercusión. Es consabido que el desarrollo de innovaciones derivadas de la investigación

puede llevar años, y que a menudo es preciso que lleven mucho tiempo usándose para que se perciban plenamente los beneficios directos e indirectos. Además, las innovaciones a menudo se diseñan en un momento que puede parecer muy distinto del mundo en el que terminan implantándose; las tecnologías en el ámbito de los sistemas agroalimentarios suelen necesitar hasta 20 años para madurar desde la idea inicial hasta la plasmación a escala de repercusiones mensurables. Cuanto más puede ponerse al descubierto información pertinente sobre la apariencia de una innovación tecnológica en fases iniciales, es más probable la preparación para el futuro.

La determinación de tecnologías incipientes a partir de nuestro universo en constante expansión de datos no estructurados disponibles supone un proceso en varias etapas: comprender el problema, determinar y limpiar los datos para usarlos, crear o determinar los instrumentos de análisis, realizar el análisis, crear modelos de evaluación comparativa y perfeccionar los resultados.

Para ello es preciso sintetizar toda la información científica, técnica y de comunicación de que se dispone en una gran diversidad de estudios, noticias, documentos sobre patentes, informes y otras fuentes dispersas. Ello puede resultar difícil, teniendo en cuenta que la amplitud y la profundidad de las investigaciones científicas humanas se duplican aproximadamente cada nueve años (Bornmann y Mutz, 2015).

Nuevos enfoques como la inteligencia artificial pueden ayudar a detectar pautas y formular previsiones que sirvan de base a preguntas de interpretación abierta y al análisis (véase la **Figura 8**). Aplicaciones como el aprendizaje automático o la visión artificial, utilizadas con frecuencia para acelerar el procesamiento de macrodatos, resultan especialmente útiles para realizar tareas de clasificación y agrupamiento de datos, reconocimiento de imágenes y voz, análisis predictivo y extracción de información. El procesamiento del lenguaje natural es una rama del aprendizaje automático con la que se enseña a máquinas informáticas a comprender texto e idioma hablado.

CUADRO 3A FUENTES DE LOS DATOS RELATIVOS A LA VIABILIDAD COMERCIAL

| Fuente | Descripción de la fuente |
|---|--|
| Viabilidad comercial | |
| Conjunto de datos públicos sobre patentes de Google | El conjunto de datos públicos sobre patentes de Google es una colección de cuadros de bases de datos BigQuery compatibles procedentes de gobiernos, investigaciones y empresas privadas para llevar a cabo análisis estadísticos de los datos sobre patentes. |
| Organización Mundial de la Propiedad Intelectual | Como uno de los 15 organismos especializados de las Naciones Unidas, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual de las Naciones Unidas ofrece a los investigadores listas de diversas fuentes de datos sobre patentes y propiedad en su sitio web. |
| OCDE REGPAT | En la base de datos REGPAT de la OCDE figuran las solicitudes de patentes presentadas a la Oficina Europea de Patentes y el Tratado de Cooperación en materia de Patentes, por región. Estas solicitudes están vinculadas con más de 5 500 regiones mediante las direcciones de los inventores o solicitantes. |
| Wellspring Worldwide | Wellspring es una macroempresa que ofrece soluciones de transferencia de tecnología en todo el mundo. Wellspring adquirió Flintbox, el mayor punto de intercambio mundial en línea de tecnologías en fases iniciales. |
| AgFunder | AgFunder es una empresa de capital de riesgo en el ámbito de la tecnología agrícola que publica un informe anual sobre la inversión en sectores de la tecnología agroalimentaria. |
| S2G Ventures | Se trata de un informe que da cuenta de las tendencias a nivel macro, la dinámica de los mercados y las últimas innovaciones en materia de sistemas alimentarios sostenibles, elaborado por una empresa de inversión en el sector agroalimentario. |
| Pitchbook | PitchBook es una empresa de datos y programas informáticos sobre finanzas con sede en Seattle (Estados Unidos de América). La base de datos de pago ofrece información y análisis operativos sobre el ecosistema del capital de riesgo y las nuevas empresas en todo el mundo. |

CUADRO 3B FUENTES DE LOS DATOS RELATIVOS A LAS TENDENCIAS

| Fuente | Descripción de la fuente |
|---|---|
| Tendencias | |
| Cumbre Mundial sobre la Innovación Agrotecnológica (22 y 23 de marzo de 2022) | La Cumbre Mundial sobre la Innovación Agrotecnológica es un lugar de encuentro anual del ecosistema mundial en el ámbito agrotecnológico en el que las empresas agroalimentarias, los inversores y los pioneros en el ámbito tecnológico se congregan para intercambiar ideas, inspirarse y determinar futuras asociaciones. |
| <i>Techcrunch</i> | Periódico centrado en las empresas nuevas y de alta tecnología, fundado en junio de 2005. |
| <i>Innovations News Network</i> | Publicación digital que ofrece a diario información actualizada gratuita sobre investigación, ciencia incipiente, políticas e innovaciones en el ámbito mundial. |
| <i>FS Successful Farming Technology News</i> | Sitio web de noticias en línea. Su sección de noticias sobre tecnología presenta noticias sobre la producción agrícola de precisión y revela la última tecnología agrícola que podría ayudar a los agricultores a cultivar con mayor eficiencia. |
| <i>Contexto</i> | Contexto es uno de los principales sitios web de América Latina con noticias y datos sobre tecnologías, empresas nuevas y capital de riesgo. Se trata de una empresa de datos y tecnología informativa que recoge las últimas y más pertinentes noticias sobre tecnología y emprendimiento desde México hasta la Argentina. |
| <i>Food and Farming Technology</i> | Sitio web de noticias en línea que presenta avances tecnológicos en materia de cultivo, cosecha, transporte, fabricación y venta al por menor de alimentos. Presenta soluciones sostenibles cotidianas a un público mundial de lectores en los ámbitos de la agricultura, la producción de alimentos, la maquinaria, los programas informáticos, la electrónica, la ingeniería y los servicios financieros. |
| <i>Agri Tech Tomorrow</i> | Revista especializada en línea que presenta productos, empresas, noticias, artículos y actos sobre las industrias de tecnología agrícola y agricultura de precisión, haciendo hincapié en las nuevas tecnologías que probablemente van a comercializarse. |

CUADRO 3C FUENTES DE LOS DATOS SOBRE LA REPERCUSIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

| Fuente | Descripción de la fuente |
|--|---|
| Repercusión científica y tecnológica | |
| Tablero de mandos de la estrategia de investigación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América | La esfera de misiones en materia de investigación, educación y economía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América tiene responsabilidad directiva en el ámbito federal para promover los conocimientos científicos relativos a la agricultura. |
| Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) | Radar Agtech 2020/2021 es la segunda edición de este catálogo de empresas de tecnología agrícola y alimentaria del Brasil. En el documento figura información cualitativa y cuantitativa esencial para el entorno nacional de la innovación agrícola. |
| Autoridad de Israel para las Innovaciones | Plataforma de innovación abierta mediante la cual el Gobierno de Israel solicita labores dirigidas a un proyecto o solución en particular. |
| Invertir en Baviera | Invertir en Baviera es el organismo encargado de la promoción empresarial de la Sociedad Internacional del Estado de Baviera. Prepara un mapa interactivo de todas las empresas, agrupaciones y empresas nuevas de Baviera (Alemania). |
| Universidad de Illinois en Urbana-Champaign | Lista elaborada colectivamente de empresas nuevas fundadas por personas que han formado parte de la Universidad de Illinois. |
| Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América | Noticias, anuncios y blogs del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América en materia de tecnología agrícola. |
| Instituto de Ciencias Sociales Cuantitativas de la Universidad de Harvard | Publicación de dos trabajos de investigación con inclusión de datos sobre patentes. |
| DigitalFoodLab | DigitalFoodLab es una consultora sobre ideas y estrategias en el ámbito de la tecnología alimentaria para empresas de alimentos y bebidas. |

Para esta labor se recurrió a modelos de inteligencia artificial existentes desarrollados por Havos Inc., nueva empresa puesta en marcha en la Universidad de Cornell. Estos enfoques han conseguido acelerar el proceso de determinación del alcance y examen sistemático, señalar las repercusiones y carencias de las bases de datos y los documentos de proyectos propios de la organización en función de los planes estratégicos y contribuir a la detección de desinformación sobre la vacilación en el ámbito de las vacunas procedente de recursos de los medios sociales (Porciello *et al.*, 2020, Porciello *et al.* 2021a, Porciello *et al.*, 2021b). Un rasgo destacado de los modelos consiste en determinar las intervenciones en los sistemas agroalimentarios de texto no estructurado en el que pueden reconocerse fases específicas como tecnologías, programas sociales o económicos o servicios ecosistémicos discretos antes de proceder a su organización en torno a una taxonomía superior de intervenciones. Gracias al uso de modelos avanzados de transformación NER-BERT, no es necesario que el modelo haya visto antes la intervención en cuestión para poder

detectarla (Liu *et al.*, 2021). Además de determinar formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación, pueden extraerse elementos adicionales de reconocimiento de entidades nombradas, como organizaciones, países, poblaciones y plantas y animales, en el marco de intervenciones que necesitan un ajuste mínimo de los modelos. Con ello se crea un universo estructurado de datos con fines de análisis donde antes no había nada.

La semejanza de las intervenciones a las formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación presenta un alto grado de complementariedad y solo exige pequeñas cantidades de datos sobre capacitación (por fuente) para ajustar los modelos con fines de uso en ATIO. La viabilidad y las oportunidades de ampliación a escala del aprendizaje automático con fines de detección de tecnologías incipientes para ATIO se pusieron a prueba empleando fuentes y estructuras de datos con los que estos modelos no habían trabajado antes, entre ellas patentes, Twitter y fuentes de noticias en Internet sin interfaces de programación

FIGURA 8 PROCESO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL



de aplicaciones. Otros recursos que figuran en el cuadro de indicadores, como informes de alto nivel o sobre inversiones privadas individuales, plataformas de innovación, inversiones públicas en datos y Google Play, se han utilizado con éxito en la tramitación y se han evaluado en función de parámetros semejantes (por ejemplo, intervenciones en materia de agricultura digital). Los únicos recursos que no se han puesto plenamente a prueba son las bases de datos privadas sobre inversores, como Crunchbase y Pitchbook, protegidas por muros de pago. De

facilitarse el acceso a ellas y concederse permiso de utilización, su estructura se asemeja a la de otras bases de datos de indización, por lo que su integración sería relativamente sencilla.

7.4 EXAMEN

La recopilación de datos procedentes de muy diversas fuentes del mundo real ofrece una oportunidad estimulante y eficaz en función del costo de vigilar y evaluar las tecnologías incipientes. La inteligencia artificial no se ha utilizado lo suficiente para agrupar grandes conjuntos de datos y marcos de indicadores y armonizarlos con marcos nuevos o de otro tipo. En lo que respecta a ATIO, ello es especialmente cierto a efectos de garantizar la coordinación técnica permanente entre programas como ASTI y el portal sobre IFSS.

Evaluando un subconjunto de los datos disponibles para las formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación, esta prueba de concepto pone de manifiesto el valor de utilizar aprendizaje artificial o automático para ATIO. Ofrece un examen sistemático de la información destinada a ATIO con el uso de un proceso automatizado de consolidación de los datos.

El enfoque es ampliable. Pueden agregarse nuevas fuentes de datos a la cartera a medida que prosigue la evolución de ATIO. Este enfoque se ha puesto a prueba utilizando datos no estructurados de fuentes diversas, y se ahorraron tiempo y recursos de investigación a la vez que aumentaban la objetividad y el valor analítico de los datos determinados y evaluados. En vista de ello, se recomienda adoptar un enfoque provisto de inteligencia artificial o aprendizaje automático para contribuir al desarrollo de futuras presentaciones de ATIO.

Las medidas de determinación, evaluación y creación de una cartera para la incorporación de las fuentes pertinentes demuestran la viabilidad de utilizar el aprendizaje automático entre las primeras medidas importantes para crear modelos de temas determinados y extraer información. Sin embargo, para obtener el nivel de resolución al que se aspira, será preciso destinar más recursos al perfeccionamiento y la capacitación del modelo.

Por último, como cabe esperar de un ejercicio experimental como este que no tiene un fin específico, los temas servirán para hacer referencia a descripciones generales de cosas, en lugar de formar un conjunto preciso de innovaciones incipientes, algo que mejorará a medida que cada informe de ATIO esté provisto de un alcance temático o geográfico más específico. Con la prueba de concepto que aquí se describe se indican sin más las medidas del futuro funcionamiento y se demuestra la manera de ahorrar tiempo a la vez que aumentan la diversidad y el volumen de los datos sobre las formas de ciencia, tecnología e innovación que pueden examinarse.

7.5 MEJORA DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ATIO

A continuación se señalan algunas limitaciones vinculadas con el uso de la inteligencia artificial, al tiempo que se describen oportunidades de corrección sobre la marcha.

En primer lugar, los datos de calidad procedentes de fuentes como patentes tienden a poner de relieve los indicadores de formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación que surgen en torno a las tecnologías de almacenamiento y distribución, procesamiento y envasado, y a reunir algo de información sobre las innovaciones en materia de calidad e inocuidad de los alimentos y de venta al por menor y mercados, mientras que los medios de información y los medios sociales parecen dar preponderancia a las tendencias y las preocupaciones sociales pertinentes. Estos resultados figuran en el Apéndice D.

Ello es especialmente importante porque los conjuntos de datos no son neutrales, sino que representan determinadas normas sociales y políticas que pueden afectar específicamente a grupos desfavorecidos. Debe adoptarse una serie de medidas para reducir los sesgos tanto en los conjuntos de datos como en el proceso

de entrada/salida del modelo, como el aporte constante de comentarios por parte de expertos capacitados en etiquetado que también han recibido capacitación en diversidad, equidad e inclusión, así como la adición permanente de nuevas fuentes de datos. Los comentarios pueden mejorar constantemente el desempeño y la exactitud del modelo reduciendo a la vez los sesgos. ATIO debe funcionar en plena consonancia con el Llamamiento de Roma para la ética de la inteligencia artificial¹⁸.

Los modelos de aprendizaje automático se capacitan por adelantado utilizando conjuntos de datos enormes. Va en aumento el interés por crear conciencia en torno a los sesgos conocidos del aprendizaje automático y documentarlos. Cuando los encargados de crear modelos hacen uso de estos conjuntos de datos, deben tener en cuenta los posibles problemas derivados de la capacitación al respecto y corregirlos sobre la marcha aportando datos adicionales sobre capacitación que sirvan para solucionarlos. Los métodos de aprendizaje automático pueden revelar pautas que de otro modo el cerebro humano no podría detectar sin ayuda, pero la “interpretabilidad” de las pautas depende del conocimiento especializado en el ámbito en cuestión (Murdoch *et al.*, 2019). El aprendizaje automático casi siempre detectará una “pauta”, pero dicha detección no determinará si la pauta detectada es reveladora o no (Bishop y Nasrabadi, 2006; Marsland, 2015).

Por último, el aprendizaje automático necesita capacitación para que mejore su exactitud general. La capacitación tiene lugar normalmente mediante el aporte por humanos de comentarios en pequeñas dosis mediante el etiquetado de datos en lo que se conoce como enfoque de aprendizaje supervisado. Para verificar la exactitud del proceso, los datos se extraen del modelo y se reparten al azar en lotes; algunos se examinan y corrigen, mientras que otros se apartan con fines de ensayo. Este proceso se describe en el Apéndice D.

Una estrategia sólida en materia de datos que incorpore fuentes diversas puede ayudar a reducir los sesgos en los insumos y los productos. Existen otras oportunidades de reducción de los riesgos tales como usar un enfoque de aprendizaje semisupervisado conforme al cual expertos humanos examinan y corrigen los datos a intervalos aleatorios y reincorporan en el modelo los datos corregidos. Es importante velar por que los examinadores humanos estén debidamente capacitados en diversidad, equidad e inclusión y tengan formación para detectar irregularidades en los productos de los conjuntos de datos y los modelos.

18 <https://www.romecall.org/>.



KIRGUISTÁN

Algunos trabajadores de una explotación de invernaderos en la que se plantan plantones y se cultivan hortalizas en la aldea de Uchkun, a 25 km de Bishkek.

CAPÍTULO 8

FORMAS MADURAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

En potencia, existe una gran variedad de formas maduras de ciencia, tecnología e innovación como consecuencia de la velocidad de las innovaciones y su adopción generalizada en distintos países. En ATIO estas formas se categorizan como de producción primaria; tecnologías poscosecha; procesamiento, fabricación y envasado; mano de obra; y entornos alimentarios orientados al consumidor. Cabe señalar que estas formas maduras pueden comprender no solo productos nuevos, sino también innovaciones normativas, institucionales, financieras o sociales de otro tipo. Muchos elementos correspondientes a cada esfera que se enumeran en el **Cuadro 4** demuestran en potencia la amplia gama de opciones para hacer frente al conjunto diverso y determinado por el contexto de desafíos planteados por los sistemas agroalimentarios (Herrero *et al.*, 2020). Aunque no son exhaustivos, representan esferas principales de recopilación de datos existentes de antemano en relación con la totalidad de formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios (Glopan, 2016; Grupo Banco Mundial, 2019). El seguimiento de innovaciones maduras podría generar ideas sobre cuestiones relativas a la sostenibilidad y la equidad en distintos sistemas agroalimentarios, pero deberían emprenderse análisis ulteriores para determinar la adopción y la cobertura de esas formas de ciencia, tecnología e innovación en distintos contextos, entre distintos usuarios y en distintas economías políticas. El principio de que los datos sean encontrables, accesibles, interoperables y reutilizables (FAIR, por sus siglas en inglés) será importante, especialmente al informar sobre la difusión de formas maduras de ciencia, tecnología e innovación.

Se hizo balance de los tipos de datos que dan cuenta de toda la gama de tecnologías e innovaciones de otro tipo que cabría razonablemente considerar maduras en cuanto

a desarrollo y adopción. Se trata, o al menos debería tratarse, del espacio más asentado en el que existen datos abundantes para vigilar la adopción y el uso de formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios en distintos países y a lo largo del tiempo. Sin embargo, persisten grandes lagunas de datos, y la difusión de las formas más maduras sigue siendo incompleta. La mayoría de las fuentes de datos que se consideraron pertinentes, accesibles y de mayor calidad correspondió al grupo de producción primaria. En cambio, se carecía de datos que cumplieran los criterios de ATIO en las categorías de entornos alimentarios orientados al consumidor y comportamientos de los consumidores. En los grupos correspondientes a las actividades poscosecha, el procesamiento y la mano de obra en diversas fuentes de datos investigadas, solo tres se juzgaron viables conforme al conjunto de criterios de inclusión (examinados antes en la Sección 5).

Cabe recordar que se han fijado seis criterios básicos para la inclusión de una serie de datos en un posible ATIO:

1. Se dispone de datos a escala nacional para permitir un análisis desglosado internacionalmente.
2. Existen datos recientes adecuados, lo cual supone que la serie consta de por lo menos un grupo de datos correspondiente al período de 2016 a la actualidad para alto número (> 50) de países.
3. La serie de datos es inclusiva, lo cual quiere decir que la cobertura de los países de ingresos medios y bajos es amplia (aunque no forzosamente universal).
4. La fuente de datos es fiable, lo cual supone que se funda en teorías y prácticas científicas aceptadas, realiza procesos de revisión por pares, procede de una organización respetada y

CUADRO 4 BALANCES DE DATOS SOBRE FORMAS MADURAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN REALIZADOS EN RELACIÓN CON DIVERSOS ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

| Producción primaria | Actividades poscosecha | Procesamiento, fabricación y envasado | Mano de obra | Entornos alimentarios orientados al consumidor | Alimentación y nutrición |
|--|--|--|--|---|--|
| Semillas mejoradas (1,1,1) | Bolsas de almacenamiento mejoradas (2,2,0) | Reglamentación en materia de fortificación (1,1,1) | Salud ocupacional y protecciones de seguridad | Asistencia alimentaria electrónica (3,3,0) | Aceptación de insectos |
| Fertilizante (2,2,2) | Mejoras en las instalaciones de almacenamiento | Reglamentación en materia de reformulación (5,2,1) | Empleo de mano de obra agrícola (1,1,0) | Etiquetado nutricional | Aplicaciones telefónicas de seguimiento de la alimentación |
| Plaguicidas (2,2,1) | Bolsas de productos básicos | Envasado sostenible/reciclable | Aplicación de leyes en materia de salario mínimo (3,3,1) | Minoristas de productos alimenticios y supermercados modernos (1,1,1) | |
| Reducción de la labranza (2,2,1) | Producción de biodiésel (1,1,1) | Transporte (1,1,0) | Trabajo forzoso | Venta al por menor sin dinero en efectivo (1,1,0) | |
| Agricultura vertical | Cadena de suministro e infraestructura (1,1,1) | Eliminación de desechos eficiente desde el punto de vista energético (1,1,0) | | Aplicaciones de comercialización desde la explotación hasta la mesa | |
| Operaciones y proteínas procedentes de carne celular o de origen vegetal (1,1,1) | Acceso a Internet (2,1,2) | | | Programas de recuperación de las pérdidas de alimentos | |
| Riego de tierras cultivadas (2,2,1) | | | | Tecnología de detección de alimentos | |
| Acuicultura (2,2,1) | | | | | |
| Sanidad animal/genética/nutrición (2,2,1) | | | | | |
| Aditivos para la alimentación del ganado | | | | | |
| Servicios de extensión (1,1,0) | | | | | |
| Maquinaria agrícola de precisión (1,1,0) | | | | | |
| Tecnología láser de nivelación del terreno | | | | | |
| Superficie cultivada con cultivos de protección (3,3,0) | | | | | |
| Proteínas vegetales (3,3,0) | | | | | |
| Riego por bombeo (2,1,0) | | | | | |
| Uso de energía (1,1,0) | | | | | |
| Mejora de los recursos hídricos y su calidad (3,2,0) | | | | | |
| Mejora de la calidad del suelo (3,2,0) | | | | | |
| Actividad forestal (1,1,0) | | | | | |
| Inversiones físicas (1,1,1) | | | | | |
| Productividad total de los factores (1,1,1) | | | | | |

| | |
|--|--|
| Leyenda | |
|  | Incluye el indicador o indicadores pertinentes |
|  | No incluye indicadores pertinentes |
|  | La búsqueda no arrojó resultados |

Nota: Las cifras entre paréntesis se corresponden con el número de indicadores, el número de las series de datos y el número de indicadores prioritarios, respectivamente. En el Apéndice A figuran descripciones detalladas de los indicadores.

- fidedigna y no se inscribe en ningún grupo de promoción ni contiene material periodístico.
5. Existe una correspondencia conceptual clara entre la serie de datos y los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios.
 6. La fuente de datos ofrece una definición clara, fidedigna, interpretable y sensata de la variable.

También se exigía que los datos fueran de acceso público y gratuito.

Para cada serie de datos determinada se recopilaron datos para describir la variable, su nombre y definición, su fuente, el número de países sobre los que se disponía de observaciones, el número de países sobre los que se disponía de por lo menos una observación desde 2016 hasta la actualidad y cualquier otra información destacada sobre esa variable en particular y la correspondiente fuente de datos¹⁹. A continuación se determinó si la serie de datos cumplía los seis criterios de inclusión señalados. De ser así, se otorgaba prioridad a la serie para su inclusión en ATIO. Se realizó una segunda evaluación para confirmar, perfeccionar o impugnar la determinación original a fin de contar con una doble confirmación de la entrada de la serie de datos considerada de calidad satisfactoria para justificar su inclusión en ATIO. El análisis no giró en torno a los resultados de los sistemas agroalimentarios, pues sería complicado determinar vías causales entre las formas de ciencia, tecnología e innovación y resultados específicos, como la nutrición, la sostenibilidad ambiental, los medios de vida, etc.

En el caso de las formas maduras de ciencia, tecnología e innovación, se determinaron 57 indicadores y 50 series de datos de fuentes diversas como FAOSTAT, la OCDE, el Banco Mundial y otras bases de datos de los sectores público y privado. Como se indica en el

19 Las variaciones de la misma variable subyacente se tratan como una única serie de datos. Es decir, los dólares corrientes, los dólares constantes y los valores actuales de una medición en moneda nacional (por ejemplo, los gastos en I+D agrícola) se tratan como variantes de una única serie de datos, al igual que las variantes de esas mediciones que reflejan la intensidad en relación, por ejemplo, con la producción agrícola, la población o el tamaño de la tierra. Todo ello procede una única medición básica: los gastos nominales en I+D agrícola en un solo país correspondientes a cada año. En vista del gran número de transformaciones de esa variable, se adopta la variable de raíz única.

Cuadro 4, se determinó que solo 17 subesferas de los sistemas agroalimentarios disponían de conjuntos de datos viables o que cumplían los criterios de inclusión. La mayoría de ellos correspondía a las esferas de “producción primaria” y “procesamiento, fabricación y envasado”. Solo había un conjunto de datos viable en la categoría “entornos alimentarios orientados al consumidor”. De los 57 indicadores, solo se dio prioridad a 17 conforme a los criterios de ATIO. Dentro de la producción primaria, existen varios conjuntos de datos gestionados por la FAO, en particular sobre el uso de fertilizantes y plaguicidas, la superficie de tierra destinada a la agricultura y la acuicultura. Algunos conjuntos de datos relativos a proteínas vegetales y alternativas y a la agricultura en un ambiente controlado ofrecen un espacio tecnológico interesante de observar. En el ámbito de las actividades poscosecha, la OCDE dispone de un conjunto de datos sobre producción de biodiésel. En varias bases de datos aparecían tecnologías en materia de enriquecimiento y reformulación de productos alimenticios, y dos conjuntos de datos de la FAO ofrecían datos sobre transporte y eliminación de desechos. El Indicador GlobalWage, la OCDE y la Organización Internacional del Trabajo cuentan con conjuntos de datos sobre legislación en materia de salario mínimo, y no existen conjuntos de datos ni datos sueltos que no cumplieran los criterios relativos a la demanda de los sistemas agroalimentarios, lo cual es indicio de un llamamiento a favor de intensificar la labor de I+D para hacer seguimiento de las diversas tecnologías utilizadas en esos ámbitos. La mayor parte de la adición de valor tiene lugar con posterioridad a la explotación (Yi *et al.*, 2021), pero la mayoría de los datos se refiere a la producción primaria en las explotaciones²⁰.

Existen lagunas de datos considerables en materia de ciencia, tecnología e innovación que son especialmente patentes en los componentes de los sistemas agroalimentarios posteriores a la explotación. Los datos sobre los puntos de procesamiento, envase y venta al por

20 En ocasiones surgen a raíz de la labor de grupos de investigación individuales nuevos conjuntos de datos que pueden resultar útiles, al menos temporalmente, pero carecen de una plataforma institucional de mantenimiento permanente de los datos que permita mantener actualizadas las series. Un ejemplo aparecido cuando el presente informe ya se había redactado es el conjunto de datos de Ludemann *et al.* (2022), relativo a la aplicación de fertilizantes a los cultivos por país.

menor, en relación con los cuales existe gran diversidad de tecnologías posibles, presentan lagunas considerables en las bases de datos y los indicadores. Por ejemplo, en los entornos alimentarios se dispone de diversas tecnologías maduras, como el uso de tecnologías de colaboración masiva para controlar las compras de alimentos, códigos QR para controlar los ingredientes, nutrición a partir de una interfaz con el usuario y etiquetado de sostenibilidad ambiental. Existen también diversas formas de ciencia, tecnología e innovación en materia de dietas, nutrición y salud, como aplicaciones personalizadas sobre nutrición y un crecimiento tecnológico alternativo ambientalmente sostenible. En el caso de los entornos alimentarios “construidos” formalizados, como hipermercados, supermercados y otros tipos en auge de venta al por menor, son muy diversas las formas maduras orientadas al consumidor, pero no se hace seguimiento sistemático de ellas (Downs *et al.*, 2020). Sin embargo, la mayoría de estas tecnologías maduras orientadas al consumidor son inalcanzables en contextos de ingresos bajos. También existen lagunas respecto de las formas de ciencia, tecnología e innovación en las distintas interfaces, ecosistemas e instituciones en el ámbito de las políticas; la innovación financiera; y las variedades que abarcan diversas cuestiones de género y empoderamiento. De hecho, se pueden desglosar muy pocos indicadores que miden las formas de ciencia, tecnología e innovación, lo cual, una vez más, dificulta la evaluación de las desigualdades.

Otra laguna es que algunos datos sustantivos no alcanzan la escala necesaria porque no se dispone de plataformas, infraestructura y servicios de intercambio de datos para impulsar el uso de datos (el proceso de “datificación”). La accesibilidad de los datos no equivale forzosamente a su usabilidad, en la medida en que el uso de datos con fines de adopción de decisiones exige algún tipo de interoperabilidad tecnológica. Porciello *et al.* (2021a) señalaron que, a causa de la debilidad de la infraestructura y los recursos limitados, la mayoría de los países no puede dar prioridad al establecimiento y mantenimiento de recursos en línea.

Por ejemplo, la información sobre variedades de cultivos anuales ofrece datos valiosos a diversos agentes de la cadena de valor agrícola, así como a los agricultores, pero actualmente la mayoría de los catálogos de variedades de cultivos nacionales que contienen datos de ámbito nacional utilizados por agricultores del África subsahariana para seleccionar cultivos estacionales sigue teniendo formato impreso. Aunque la digitalización de los catálogos de variedades de cultivos es un primer paso, ello no comportará forzosamente la generación de más oportunidades de adopción en mayor medida de nuevas variedades. Para que así ocurra, deberá conectarse una plataforma con información sobre las variedades, sus rasgos y un inventario a las cadenas de suministro de semillas o los agricultores. En el **Recuadro F** figura más información sobre las posibilidades de crear una base de datos sobre variedades de cultivos e invertir en ella²¹. ATIO puede ayudar a determinar esas necesidades de datos y las oportunidades de generarlos para que las partes interesadas establezcan prioridades.

Para adoptar un enfoque integral en el ámbito de los sistemas agroalimentarios en lugar de limitar la atención a las formas de ciencia, tecnología e innovación aplicadas a la producción agrícola, será importante esforzarse por manejar datos que den cuenta de formas de estas que abarquen los sistemas agroalimentarios en su totalidad. Para ello habrá que actuar al margen de ATIO para colmar las principales lagunas de datos. La FAO podría desempeñar una función importante colaborando con asociados para colmar estas lagunas, por ejemplo con grupos de investigación independientes de ministerios gubernamentales que operan a escala mundial, no solo colaborando con diversas empresas orientadas a la venta al por menor o empresas de envasado y elaboración para vigilar mejor el uso que hacen los consumidores de estas tecnologías en los entornos alimentarios, los teléfonos móviles y la interfaz entre la salud y los sistemas alimentarios, sino también para crear la infraestructura y los servicios compartidos de estos datos.

21 Damos las gracias al Sr. E. Mabaya de la Universidad de Cornell y al Índice Africano de Acceso a las Semillas por la redacción de la versión original del Recuadro F del presente informe.

RECUADRO F JUSTIFICACIÓN DE LA CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE VARIEDADES DE CULTIVOS

Antes de que pueda comercializarse una nueva variedad de cultivo, en la mayoría de países esta debe someterse a un proceso formal de “aprobación de variedades” consonante con el marco nacional de reglamentación de semillas. El proceso consiste en evaluar la variedad mediante un sistema prescrito de ensayos, un examen detenido de los datos por parte de un comité de aprobación técnica de variedades y el registro de la variedad en un catálogo oficial de variedades. Estos “ensayos nacionales del desempeño” tienen por objeto poner a prueba el desempeño de nuevas variedades de cultivos en comparación con las variedades disponibles actualmente en el mercado para demostrar con ello el valor para cultivo y uso. Al término del proceso de aprobación de variedades, para cada variedad disponible con fines de comercialización existen registros públicos en los que se caracterizan los rasgos distintivos, así como indicadores del rendimiento en función de múltiples indicadores. Con todo, las fuentes de datos críticos siguen lamentablemente ancladas en

el pasado. La información sobre las variedades de cultivos disponibles es escasa, rara vez se dispone de ella en línea y suele proceder de ejemplares impresos irregulares de catálogos de variedades nacionales o del boca a boca. Esta laguna de datos presenta una oportunidad singular para que ATIO establezca una base de datos sobre variedades de cultivos que sirva de plataforma en línea dinámica, multilingüe e interactiva en la que cualquiera puede encontrar información fiable sobre variedades de destacados cereales, legumbres, hortalizas y cultivos de propagación vegetativa en los países de ingresos medios y bajos, puede que especialmente en relación con especies marginadas e infrautilizadas. El acceso a datos exhaustivos oportunos sobre los cultivos mejorados es hoy más importante que nunca para los sistemas agroalimentarios sostenibles. Permite a los agricultores adaptarse rápidamente al cambio climático y luchar contra las amenazas en curso derivadas de las plagas, las enfermedades y las malas hierbas. En el Cuadro 5 se presentan los usos posibles de esta base de datos por distintas partes interesadas.

CUADRO 5 PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS Y VENTAJAS DE UNA BASE DE DATOS DE VARIEDADES DE CULTIVOS PARA LAS DISTINTAS PARTES INTERESADAS

| Comunidad | Cómo emplearán la plataforma los usuarios y qué beneficios obtendrán de ella |
|---|---|
| Productores en pequeña escala y consumidores | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Determinar variedades adecuadas que puedan atender sus necesidades ▶ Vincular información sobre variedades específicas con servicios de asesoramiento de agricultores ▶ Compartir las experiencias de los usuarios relativas a variedades concretas con otros agricultores e investigadores |
| Organizaciones de investigación | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Actualizar la información sobre el registro de variedades y fomentar la comercialización ▶ Compartir información sobre las variedades distribuidas recientemente y en tramitación (desarrollo de productos) ▶ Base de datos de referencia para la investigación y las publicaciones sobre la I+D agrícola |
| Empresas de semillas | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Compartir información sobre las variedades disponibles comercialmente. Recibir comentarios de los usuarios finales (agricultores y consumidores) sobre el desempeño de las variedades ▶ Informarse de posibles mercados nuevos para centrarse en sus variedades |
| Asociados gubernamentales y para el desarrollo | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Inteligencia en tiempo real sobre las variedades de cultivos disponibles. La información puede utilizarse con fines de diseño y ejecución de programas de subvención a los insumos ▶ Extensión electrónica: Difundir información sobre prácticas de cultivo de variedades específicas |



RECUADRO F (Continuación)**Cobertura existente**

Actualmente existen pocos recursos que aporten información fiable sobre variedades de cultivos, especialmente en relación con África. Los recursos en línea sobre África, como el Catálogo de Variedades Vegetales del Mercado Común para África Oriental y Meridional y el Catálogo Central de Variedades de la Comunidad de África Meridional para el Desarrollo, ofrecen datos limitados sobre las variedades, carecen de datos históricos anteriores a 2016 y el registro en ellos resulta costoso. El motivo es, en parte, que esos catálogos se concibieron con el objetivo primario de registrar variedades para proteger los derechos de los obtentores. Otros sistemas, como la base de datos de variedades vegetales de la Unión Europea, no incluyen información sobre países de ingresos medios y bajos. El Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas solo se refiere a variedades modificadas genéticamente. La base de datos sobre variedades de cultivos propuesta se centrará en esferas desatendidas por las entidades existentes y creará un centro de datos que sirva a todas las partes interesadas para acceder a información pertinente sobre las variedades de cultivos. En asociación con la Universidad de Cornell, el Índice Africano de Acceso a las Semillas ha comenzado a digitalizar información sobre las variedades de cultivos de la que se dispone en catálogos nacionales de variedades aprobadas

(pueden consultarse detalles en <https://tasai.org/>). Sin embargo, el alcance de este proyecto está limitado actualmente a 22 países del África subsahariana, y se centra solo en cuatro cereales básicos y cultivos de leguminosas por país.

Enfoque en materia de recopilación y gestión de datos a escala mundial

Como se mencionaba antes, los datos y la información sobre las variedades de cultivos disponibles comercialmente recopilados mediante el proceso de aprobación de variedades están a menudo a disposición del público mediante catálogos nacionales de variedades. Sin embargo, esta información no está ni digitalizada ni normalizada. Además, se utilizan idiomas distintos en función del contexto de cada país. Con pocos recursos ATIO podría establecer una base de datos universal interactiva con información pormenorizada sobre cada variedad de cultivo, como se expone en el recuadro que figura a continuación. La información se recopilará por medio de los siguientes grupos, redes o instituciones: comités nacionales de variedades aprobadas, centros del CGIAR, fitomejoradores, oficiales de extensión pública, empresas de semillas, asociaciones de comercio de semillas, redes de proveedores agrícolas, etc. Tras el establecimiento inicial, editores autorizados podrán mantener la base de datos mediante una plataforma wiki en aras de la sostenibilidad a largo plazo.

Información que pueden encontrar los usuarios en la base de datos sobre variedades de cultivos en relación con una variedad específica de frijoles

- ▶ **Nombres:** Nombre formal de la variedad, nombres locales empleados por los agricultores, origen de la variedad.
- ▶ **Características fenotípicas:** Imágenes y descripciones de los rasgos distintivos, con inclusión del tamaño, el color, la forma, el olor de la planta, la vaina y la semilla.
- ▶ **Desempeño:** Niveles de rendimiento, fijación del nitrógeno, palatabilidad del follaje para el ganado.
- ▶ **Tensión biótica y abiótica:** Resistencia a las enfermedades (podredumbre blanca, mancha de las hojas, virus del mosaico común de la judía y virus del mosaico del pepino), necesidades hídricas, tolerancia al calor, resistencia a la helada.
- ▶ **Prácticas de cultivo:** Espaciamiento óptimo, calendarios de cultivo para cada ubicación, fertilizantes recomendados, etc.
- ▶ **Datos nutricionales:** Nutrición (proteínas, bioenriquecimiento, micronutrientes), tiempo de cocción.
- ▶ **Comercialización:** Años en que una variedad está disponible comercialmente, nombre de las empresas que la venden.
- ▶ **Commercialization:** Years when variety is commercially available, names of companies selling a variety.

FIGURA 9 ACELERADORES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOSFuente: Herrero *et al.* 2020.

8.1 ACELERACIÓN DE LA ADOPCIÓN DE INNOVACIONES PREINCIPIENTES E INCIPIENTES

la transformación de los sistemas agroalimentarios exige una intervención activa en cuestiones relativas a las licencias y la aceptabilidad sociales

respecto de la adopción y difusión de las formas de ciencia, tecnología e innovación, así como un uso mucho mayor de lo que ha sido habitual hasta la fecha en cuanto al empleo de principios de innovación responsable y una mayor inversión en el diálogo público. Se necesita esta conversación social para asegurar la transparencia de los valores y motivos de distintas partes interesadas, pues las diversas presiones ejercidas por los consumidores, los empleados, los inversores y los gobiernos pueden impulsar la innovación en direcciones distintas, a veces con consecuencias adversas. A falta de esa intervención en materia de innovación responsable, puede que queden sin utilizarse, adoptarse o ampliarse a escala formas de ciencia, tecnología e innovación posiblemente poderosas

que presentan un potencial de repercusión considerable. Podrían introducirse formas de estas que, de manera no intencionada, aunque previsible, empeoraran los problemas que deben resolverse. De ese modo, la transformación de los sistemas agroalimentarios necesaria para hacer frente a los grandes desafíos sociales podría verse limitada por quienes apuestan por que todo siga como hasta ahora.

En Herrero *et al.* (2020) se proponen ocho medidas dirigidas a acelerar la adopción sostenible y responsable de tecnologías preincipientes e incipientes, como aparece representado en la **Figura 9**. Tres de ellas (fomento de la confianza, transformación de las mentalidades y promoción de las licencias sociales) constan de aspectos sociales individuales y colectivos de las partes interesadas y pueden aumentar la demanda de innovación. Van ligadas en gran medida a la determinación de “las reglas del juego” aumentando la apertura y la aceptación de los valores de los proveedores y los usuarios de la innovación y al reconocimiento de que la aplicación de las innovaciones podría desembocar en futuros radicalmente distintos. Ello tiene que ver también con las licencias sociales imprescindibles y con el aumento de la transparencia en cuanto a las posibles repercusiones y consecuencias de las tecnologías.

El despliegue de tecnología e innovación nuevas generan inevitablemente compensaciones recíprocas y efectos no deseados (Herrero *et al.*, 2021). Se hace necesaria una planificación deliberada para prever y abordar las vías de repercusión en forma de diversos resultados en los sistemas agroalimentarios a fin de sortear las repercusiones negativas no buscadas de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios.

Es preciso un entorno propicio dinámico para prestar apoyo al descubrimiento, el ensayo y la aplicación de nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación para la transformación de los sistemas agroalimentarios. Tres elementos críticos que representan esta necesidad de dinamismo son los incentivos de mercado ágiles y las políticas y reglamentos propicios que reduzcan las barreras de entrada en los mercados de innovaciones. Es preciso reconocer que gran parte de las innovaciones necesita una inversión sostenida más allá de ciclos de proyectos cortos; es precisa una financiación estable y sostenida para conseguir que las innovaciones fructifiquen. La determinación y el ensamblaje de conjuntos de innovaciones complementarias, incluidos todos los elementos tecnológicos y sociales necesarios para el éxito en múltiples dimensiones del desempeño de los sistemas agroalimentarios, son fundamentales para planificar vías de transición dirigidas a acelerar la innovación y la transformación en estos sistemas (Herrero *et al.*, 2020, Barrett *et al.*, 2022a).



MONGOLIA

La vida de un pastor desafía a las inclemencias del clima de Mongolia: los veranos son muy calurosos y secos, y los inviernos intensamente fríos. Sin embargo, los dos últimos decenios el cambio climático ha elevado la frecuencia y la intensidad de lo que se conoce como *dzud*.

CAPÍTULO 9

SÍNTESIS DE DATOS CON FINES DE EVALUACIÓN INTEGRADA DE LA REPERCUSIÓN

ATIO no se propone hacer balance de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios, desde los insumos hasta la difusión a escala. Se necesitan datos descriptivos del estado actual de las formas de estas en la totalidad de su ciclo de vida (del tipo que se describe en las cuatro secciones anteriores) para orientar la inversión y las políticas hacia la transformación, pero, en vista de la escasez de recursos, estos datos descriptivos a menudo son insuficientes para generar inversiones a falta de datos predictivos o deductivos creíbles de la posible repercusión de la ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Es muy valioso determinar no solo qué formas de estas se difunden y se amplían a escala, sino también la repercusión probable u observada de la difusión y la ampliación a escala.

La visión de ATIO es tratar de fomentar la transformación acelerada de los sistemas agroalimentarios para cumplir diversos objetivos: un uso eficiente y sostenible de recursos escasos; medios de vida prósperos y equitativos para los agricultores, los trabajadores y los empresarios en la totalidad de los sistemas agroalimentarios; dietas saludables e inocuas para todas las personas y resiliencia ante las perturbaciones y los factores que las desencadenan. Las formas de ciencia, tecnología e innovación deben evaluarse en relación con esas repercusiones previstas. Especialmente en los países de ingresos medios y bajos, donde la escasez de recursos financieros y humanos limita la inversión y las compensaciones recíprocas entre objetivos contrapuestos pueden ser considerables, los datos procedentes de la evaluación de la repercusión pueden generar nuevas inversiones y orientar una adopción de decisiones más sensata y con mayor repercusión en los sectores público y privado.

Lamentablemente, las evaluaciones de la repercusión son complejas, costosas y laboriosas, por lo que no abundan. Una amplia gama de investigadores y organizaciones genera evaluaciones de la repercusión recurriendo a métodos variados y publicando sus conclusiones de forma descoordinada en ámbitos (e idiomas) diversos. El carácter disperso de las evaluaciones de la repercusión de calidad variable dificulta la adopción de decisiones debidamente fundamentadas con respecto a las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios.

En consecuencia, el último componente esencial de ATIO es la síntesis de datos en aras de una evaluación integrada de la repercusión. Como se indica expresamente en la Sección 6, cuando se estudian las formas preincipientes de ciencia, tecnología e innovación, el proceso de preparación de cada informe de ATIO debe propiciar en el conjunto de las redes de las partes interesadas un debate activo en torno a los datos disponibles sobre las repercusiones concretas, posibles o demostradas, de las distintas formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Para ello es necesario recopilar y gestionar los datos disponibles sobre cada forma, de manera individual y en conjuntos determinados por el contexto. Sin embargo, como se indicaba en las secciones 4 y 7, la agrupación de información procedente de fuentes diversas, al margen de fronteras lingüísticas, disciplinarias e institucionales y de formatos de publicación, conforma una tarea compleja en vista del volumen de datos científicos nuevos que se generan a diario. Los expertos en información y biblioteconomía han elaborado y no dejan de perfeccionar diversos métodos formales de síntesis de datos para facilitar

la determinación, recopilación e integración sin sesgos de datos procedentes de fuentes diversas²².

Aunque la síntesis de datos se ha convertido en algo habitual en esferas tan distintas como las políticas biomédicas y sanitarias, las políticas sociales y la gestión ambiental, la aplicación de estos métodos a los sistemas agroalimentarios sigue siendo relativamente nueva. Al respecto se han emprendido unas cuantas iniciativas de alto perfil circunscritas en el tiempo. El proyecto Ceres2030 (Laborde *et al.*, 2020) publicó una colección de estudios de síntesis de datos en publicaciones de *Nature* (<https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/>). El proyecto de Exámenes sistemáticos sobre animales y alimentos (<https://syreaf.org/>) gestiona diversos exámenes sistemáticos, especialmente de las ciencias animales y veterinarias, e incluso mantiene algunos “exámenes sistemáticos vivos”, es decir, exámenes sistemáticos con base en Internet que se actualizan con frecuencia para incorporar los datos nuevos a medida que están disponibles. El Cuadro permanente sobre evaluación de la repercusión del CGIAR coordina y acoge diversas evaluaciones de la repercusión relativas a las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios ligadas a las investigaciones del CGIAR. La Iniciativa para la adopción de tecnologías agrícolas, colaboración entre El Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab del MIT y el Center for Effective Global Action de la Universidad de California en Berkeley, ha financiado y acoge los resultados de diversas evaluaciones académicas de la repercusión en relación con las tecnologías agrícolas. El proyecto ICONICS de la Universidad de Washington se ha encargado de ampliar la labor de documentación del uso de hipótesis mundiales (trayectorias socioeconómicas compartidas) elaboradas para el IPCC y utilizadas en una gran variedad de evaluaciones agroalimentarias mundiales. Sin embargo, hasta la fecha sigue sin practicarse una síntesis de datos recurrente en el panorama total de formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios.

Como se explicaba en la Sección 3 (Figura 2), las fases del ciclo de vida de las formas de ciencia, tecnología e innovación se corresponden con los métodos empleados para tratar de evaluar la repercusión. Hasta que una forma de estas no surge de los laboratorios, estaciones experimentales, campos de agricultores, comunidades u otras fuentes, toda evaluación de la repercusión tiene lugar forzosamente *ex ante* con respecto a la adopción, es decir, sobre la base de modelos de simulación, ya se trate de variantes explícitas o implícitas (es decir, un modelo mental), cuantitativas o cualitativas. Las evaluaciones *ex ante* de la repercusión son útiles incluso antes del surgimiento de la variante, sobre todo porque forman parte de la labor de previsión dirigida a tratar de comprender la manera en que las repercusiones pueden variar entre distintos futuros posibles de los sistemas agroalimentarios (Thornton *et al.*, 2018; Wiebe *et al.*, 2018; Barrett *et al.*, 2021a) o a explorar las consecuencias y efectos no pretendidos de las políticas y reglamentos complementarios.

A medida que surjan nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación al margen de los ensayos controlados por investigadores, la evaluación de la repercusión *ex post* empieza a desempeñar un papel esencial en la determinación de los efectos en el mundo real que cabe atribuir a una determinada forma, o conjunto de formas, de estas. En el caso de las formas maduras, los métodos de evaluación de la repercusión *ex post* a menudo pasan a ser viables, y hasta deseables, cuando se emplean diseños de investigación rigurosos, como ensayos controlados randomizados, pero no todas las formas se prestan a una evaluación de la repercusión *ex post* rigurosa mediante estos ensayos u otros métodos cuasiexperimentales (Barrett y Carter, 2010, 2020; Barrett, 2021b). La evaluación rigurosa de la repercusión *ex post* ha sido objeto de considerable atención los últimos años, tanto en evaluaciones esporádicas emprendidas por diversas organizaciones e investigadores como en el marco de programas de investigación más amplios. Diversos grupos se especializan en evaluaciones de la repercusión *ex post*, entre ellos la Iniciativa Internacional para la Evaluación de la Repercusión (3ie), el grupo del Banco Mundial sobre la Evaluación de la Repercusión en el Desarrollo y la Campbell Collaboration,

22 La Biblioteca de la Universidad de Cornell, líder mundial en materia de síntesis de datos, presenta una buena visión panorámica en <https://guides.library.cornell.edu/evidence-synthesis>.

pero ninguno de ellos se centra en las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios, en relación con lo cual su cobertura suele ser fragmentaria y oportunista. Además, en vista de que el error de muestreo y medición pone forzosamente en duda la posibilidad de generalizar y la fiabilidad incluso de los estudios de evaluación únicos bien ejecutados, la repetición es necesaria para crear una base de datos convincentes. Los productos de síntesis de datos, entre ellos exámenes sistemáticos y del alcance o metaanálisis estadísticos del conjunto de datos derivados de la evaluación de la repercusión, pueden arrojar luz sobre lo que previsiblemente funciona, así como dónde y en qué condiciones.

La multiplicidad de repercusiones deseadas de la transformación de los sistemas agroalimentarios también obliga a prestar atención expresa a las compensaciones recíprocas entre distintos objetivos. Ninguna forma de ciencia, tecnología e innovación genera repercusiones favorables en todos los ámbitos; todas tienen efectos indirectos positivos y negativos en otros resultados deseables, en vista de la interconexión intrínseca de los sistemas agroalimentarios (Herrero *et al.*, 2021). En consecuencia, es sensato incorporar expresamente análisis de las compensaciones recíprocas en las evaluaciones de la repercusión *ex ante* y *ex post* (Kanter *et al.*, 2018; Antle y Valdivia, 2021) y en distintas escalas, desde evaluaciones mundiales (Hasegawa *et al.*, 2018; van Meijl *et al.*, 2018, Rosegrant *et al.*, 2017) hasta

evaluaciones nacionales (Sain *et al.*, 2017) y locales (Valdivia *et al.*, 2017). La multiplicidad de posibles repercusiones de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, desde la productividad hasta los resultados relativos al género y la nutrición, también obliga a incluir una gama más amplia de perspectivas para comprender mejor las posibles dificultades para la ampliación a escala, así como la exposición de las poblaciones vulnerables al riesgo de consecuencias no buscadas. La síntesis de datos puede basarse en enfoques de previsión participativos que procuren incorporar sistemáticamente una mayor variedad de alternativas y un mayor grado de incertidumbre (Trutnevyte *et al.*, 2016; Vervoort *et al.*, 2014; Zurek y Henrichs, 2007).

Especialmente cuando se combinan con evaluaciones de la repercusión *ex ante*, las labores de evaluación integrada de la repercusión pueden resultar en datos sólidos que sirvan de base a los encargados de formular políticas en cuanto a opciones de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. El proceso participativo conforme al cual se prepararán datos sobre las formas preincipientes e incipientes de estas crea naturalmente opciones de dar prioridad a las esferas en relación con las cuales parece especialmente viable la síntesis de datos. ATIO permitirá elaborar síntesis de datos sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios de carácter estratégico, en lugar de simplemente oportunista.

**REPÚBLICA UNIDA DE
TANZANÍA**

Una científica tanzana
analiza distintas semillas
con un microscopio en
un laboratorio del vivero
y centro de semillas
del Servicio Forestal de
Tanzanía en Morogoro.

CAPÍTULO 10

INDICADORES RESUMIDOS POR PAÍS

El enfoque de ATIO de integrar datos en todo el ciclo de vida de las formas de ciencia, tecnología e innovación comporta cierto grado de complejidad que a menudo estorba la influencia efectiva de los datos y el análisis en las políticas. Existen muchos indicadores relativos a los insumos iniciales encaminados a generar nuevas formas de estas mediante exámenes prospectivos y previsiones con fines de seguimiento de la evolución y las posibles repercusiones de las formas preincipientes e incipientes, así como de seguimiento y evaluación de la difusión a escala de las formas maduras. Se dispone de algunos indicadores para países específicos, pero otras muchas formas (especialmente las preincipientes e incipientes) carecen de ese tipo de especificidad geográfica.

La evaluación del desempeño de un país y la orientación de sus políticas sobre la base de una amplia variedad de indicadores a veces se ven dificultadas y comprometidas por cuestiones como la selección subjetiva de las mediciones preferidas. A menudo se utilizan indicadores resumidos de valor escalar (es decir, de una sola cifra) como índices y puntuaciones en calidad de mediciones compuestas de muchas variables para ofrecer a los usuarios un parámetro único más sencillo a fin de evaluar los progresos y compararlos con los de otros países. Con ello se espera reducir un conjunto de datos complejo a un indicador único que refleje el concepto latente que interesa; en el caso de ATIO, las perspectivas de las tecnologías e innovaciones en los sistemas agroalimentarios en ese país.

Existen muchos ejemplos notables de esos tipos de medición en distintas esferas. Por ejemplo:

El índice de desarrollo humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) mide el logro medio de dimensiones destacadas

del desarrollo humano: una vida larga y saludable, conocimientos y un nivel de vida digno. Se construye a partir de índices normalizados para cada uno de esos tres componentes que abarcan diversas mediciones específicas. El Índice Mundial de Adaptación de la Universidad de Notre Dame clasifica el desempeño de 177 países en cuanto a su adaptación al cambio climático. Tal y como el índice de desarrollo humano, construye una medición a partir de un conjunto de subíndices procedentes de decenas de indicadores individuales. Se han construido otros índices para evaluar uno de los otros conceptos latentes que se vinculan con el desempeño o las perspectivas en el ámbito de los sistemas agroalimentarios, con inclusión de la capacidad de los servicios veterinarios de un país o la vulnerabilidad de los agricultores en pequeña escala al cambio climático (Thornton *et al.*, 2018).

El *Índice Mundial de Innovación* de la OMPI y el índice de la UNCTAD sobre la preparación para las tecnologías de vanguardia son dos de los escasos índices vinculados directamente con la innovación mundial. Aunque no se centran en los sistemas agroalimentarios, ambos sirven para evaluar el desempeño de las economías de todo el mundo en cuanto a la innovación y las tecnologías de vanguardia, respectivamente. Se trata de mediciones de un único valor. El primero se basa en el promedio aritmético de 80 indicadores normalizados, incluidas mediciones del entorno político, la educación, la infraestructura y la creación de conocimientos. Las clasificaciones del segundo se basan en clasificaciones de subdominios en materia de tecnología de la información y las comunicaciones, aptitudes, I+D, industria y finanzas.

10,1 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES RESUMIDOS

En las publicaciones especializadas se han expuesto diversos métodos para construir índices resumidos. Los principales son los siguientes:

Sistemas de clasificación o puntuación sencilla: Se trata del método más habitual, que suele consistir en que un grupo de expertos clasifique un conjunto determinado de variables en orden ascendente. Las clasificaciones de los distintos expertos se agregan a continuación, y la posición acumulada de la variable se usa como índice final con fines de comparación. Herrero *et al.* (2020, 2021) utilizaron este método para clasificar la posible repercusión de las innovaciones en el ámbito de los sistemas agroalimentarios en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Asimismo, los Niveles de madurez de la tecnología de la NASA son un sistema de puntuación sencillo basado en una escala de 9 puntos.

Sistemas aritméticos sencillos: El uso de sistemas de puntuación comporta el cálculo de medias aritméticas o geométricas de muchas variables normalizadas. En su expresión más sencilla, este método pondera por igual todos los grupos de variables. Sin embargo, en muchos casos se utilizan las ponderaciones para aumentar la pertinencia de un conjunto de variables en función del tipo de pregunta para la que se utilizará el índice. El índice de desarrollo humano del PNUD es buen ejemplo de uso de este método.

Índices basados en métodos estadísticos avanzados: El uso de índices sencillos se basa en muchos casos en variables muy correlacionadas; de ahí que se utilicen métodos estadísticos más avanzados como análisis de factores o de componentes principales para elaborar índices normalizados. Estos métodos reducen la complejidad del problema agregando conjuntos de variables correlacionadas en unas pocas variables nuevas no correlacionadas.

A continuación se utilizan las puntuaciones normalizadas de estas variables nuevas para construir un índice para cada observación o país. Son buenos ejemplos de este método el índice sobre la preparación para las tecnologías de vanguardia de la UNCTAD y el índice de vulnerabilidad al clima producido por Thornton *et al.* (2018).

¿Debería ATIO incluir un índice de tecnología e innovaciones agroalimentarias?

Es técnicamente viable confeccionar un índice de tecnología e innovaciones agroalimentarias a partir de los datos, mediciones y métodos disponibles. En las publicaciones abundan los ejemplos de construcción y aplicación de estos índices, aunque el grado de éxito en su ulterior adopción es diverso.

¿Debería ATIO incluir un índice resumido de ese tipo? Hay ventajas y desventajas en el uso de una medición de un índice resumido para tratar de representar en una sola medición las perspectivas de la ciencia, la tecnología y la innovación de un país en los sistemas agroalimentarios.

La principal limitación de esos índices radica en la reducción de la riqueza de la información y las mediciones a una sola cifra y la posible manipulación de esas mediciones resumidas. Distintas partes interesadas con distintos valores y líneas de investigación necesitan mediciones e información distintas. La determinación de un mecanismo de ponderación para una amplia gama de mediciones puede resultar difícil, pues los casos de uso varían de un usuario a otro. Por lo que se refiere en particular a la innovación en el ámbito de los sistemas agroalimentarios, que van de la producción al consumo en el marco de la compleja interacción inherente a estos sistemas, puede que carezca de sentido resumir las mediciones del desempeño, pues sería difícil determinar con precisión el componente o componentes de estos sistemas a los que se refiere la medición. En algunos países siempre se necesitará mayor especificidad para elaborar soluciones de ámbito práctico a fin de acelerar los progresos en las formas de ciencia, tecnología e innovación en los

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ Resumen sencillo de muchas variables ▶ Fácil de usar con fines de análisis comparado y clasificación ▶ Uso amplio por parte de muchas partes interesadas ▶ Construcción y entrada de datos normalizadas ▶ Promueve la comparabilidad y la transparencia | <ul style="list-style-type: none"> ▶ El índice puede estar determinado por una o dos variables clave ▶ Pierde mucha información al eliminar detalles ▶ Se necesita un valor para muchos usuarios ▶ Los índices no ponderados no reflejan la importancia de las variables, pero las ponderaciones son subjetivas ▶ La explicación de las mediciones estadísticas a menudo resulta compleja |

sistemas agroalimentarios. Aunque es evidente el atractivo que presentan las clasificaciones resumidas para los encargados de formular políticas que buscan una medición sencilla, esa sencillez induce a error con excesiva frecuencia.

De ahí que para ATIO no se recomienda un índice resumido, en lugar de lo cual se prefiere señalar el desempeño y las perspectivas en ámbitos mensurables y de orden práctico específicos.



AFGANISTÁN

Varios agricultores afganos arrojan gavillas de trigo en una trilladora en el distrito de Kuz Kunar en Nangarhar.

CAPÍTULO 11

UN DISEÑO BASADO EN EL CONSORCIO PARA ATIO 2024 Y EDICIONES POSTERIORES

ATIO es una empresa de gran alcance. Como se enumeraba en anteriores secciones del presente estudio, ya existen numerosas iniciativas paralelas centradas en distintas actividades de recopilación, gestión y análisis de datos. Sin embargo, hasta la fecha no se ha hecho un seguimiento de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios que vaya de principio a fin, desde los insumos de la I+D y las fases preincipiantes e incipientes (algo que suele llevar años e incluso decenios) hasta la difusión y las repercusiones de las formas maduras. La creación de un bien público mundial consistente en una fuente de datos gestionada de principio a fin en relación con la ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios obligará a contar con una estructura de colaboración sostenible que aglutine a asociados con experiencia en los sistemas agroalimentarios en su totalidad y en el mundo.

El modelo de consorcio presenta varios atributos deseables. En primer lugar, puede aprovechar la experiencia que ya existe distribuida en la comunidad mundial de investigación en torno a las formas de ciencia, tecnología e innovación en el ámbito de los sistemas agroalimentarios. En segundo lugar, puede reducir el derroche de duplicaciones de esfuerzos y la confusión entre los usuarios finales que pueden surgir si no existe una coordinación adecuada entre las diversas partes activas ya en uno u otro componente del bien público mundial que ATIO representaría.

Como organismo especializado de las Naciones Unidas en materia de alimentación y agricultura, corresponde naturalmente a la FAO la coordinación de un consorcio de asociados que colaboran en la elaboración de productos y análisis de datos de libre acceso y accesibles al público, de calidad y científicamente rigurosos que sirvan de fundamento a las instancias decisorias públicas y

privadas. Sin embargo, la inmensidad de la tarea impide a la FAO emprenderla a solas. Necesita la ayuda de asociados científicos, especialmente en relación con los aspectos más técnicos de ATIO. Muchas organizaciones ya han invertido de forma considerable en la creación de equipos y protocolos de recopilación y análisis de datos, las relaciones con proveedores de datos no estructurados o semiestructurados u otros costos fijos que son valiosos y podrían perderse si su plataforma no se incorpora adecuadamente en la labor centrada en ATIO. Queda por delante un volumen de trabajo considerable para colmar las lagunas de datos esenciales, elaborar y validar indicadores creíbles de datos intrínsecamente no estructurados y conseguir que más series de datos pasen del estado semiestructurado o no estructurado en el que muchas organizaciones detentan datos pertinentes al formato de datos estructurados que pone la información fácilmente al alcance de un público amplio, en particular de quienes no cuentan con tantos equipos técnicos que puedan analizar los datos, como ocurre en muchos gobiernos de países de ingresos medianos y bajos, organizaciones sin fines de lucro y organizaciones de la sociedad civil.

Otro motivo justifica el modelo de consorcio: crear un cortafuegos que salvaguarde la integridad del producto. El éxito de ATIO ejercerá necesariamente cierta influencia en las pautas de inversión pública y privada a escala mundial. Por razones políticas y financieras, puede que agentes poderosos deseen influir en las evaluaciones de ATIO. El *Índice Mundial de Innovación* de la OMPI está organizado para evitar problemas de ese orden. Dicho índice es un producto de marca compartida gestionado centralmente y patrocinado por una dependencia de la OMPI, que es un organismo de las Naciones Unidas, si bien la labor técnica se subcontrata encargándosela a asociados de su consorcio, principalmente a un destacado asociado para la

investigación. La marca compartida y la separación entre el trabajo técnico y la labor de coordinación más orientada al público, característica de una organización intrínsecamente política (las Naciones Unidas), ofrecen lo mejor de dos mundos: la ventaja de una marca destacada clara y las salvaguardias o la especialización externa. Por esos motivos diversos, es valioso el diseño del modelo de este índice de la OMPI.

En relación con la [Figura 2](#), que puso en relación distintos tipos de datos con distintas fases del ciclo de vida de las formas de ciencia, tecnología e innovación, están previstas por lo menos dos agrupaciones distintas de actividades en las que podrían especializarse distintos asociados:

1. Recopilación, gestión y análisis de datos sobre los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación y las formas maduras de estas: La FAO dirigiría este componente de la actividad, en vista de su acceso sin parangón a sistemas estadísticos gubernamentales y sus puntos fuertes al respecto.

Actualmente existen fuera de la FAO varias actividades de recopilación de datos sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación que ATIO podría aprovechar. Deben proseguir los esfuerzos en curso por compilar datos esenciales sobre estos insumos. La pérdida de plataformas y conocimientos especializados en materia de recopilación de datos, como los que existen en ASTI, sería un revés considerable. Como se describió en la Sección 5, la OCDE recopila esos datos para sus Estados miembros y en relación con destacados mercados nuevos. El programa de InSTePP de la Universidad de Minnesota ha reunido una impresionante colección de datos en este campo, especialmente en relación con las tasas de rendimiento de las inversiones en ciencia, tecnología e innovación, pero esos datos no son de dominio público ni de libre acceso. En consecuencia, se omitieron los datos de InSTePP relativos a los indicadores de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios que se incluyen en la Sección 5, aunque merecería la pena explorar la posibilidad de aprovecharlos. A medida que Un solo CGIAR ponga en marcha nuevas iniciativas de investigación,

en particular una posible sobre previsión y medición, puede que surja la oportunidad de revitalizar la recopilación, gestión y análisis de datos estructurados oportunos de libre acceso sobre los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación y la evaluación *ex ante* de sus posibles repercusiones.

Este ámbito correspondía antes en gran medida al Servicio internacional para la investigación agrícola nacional. Tras el cierre del Servicio internacional en 2004, algunas de sus actividades se siguieron llevando a cabo bajo los auspicios del IFPRI. Hoy en día, aparecen reflejadas principalmente en el proyecto de ASTI del IFPRI, que genera la mayor colección de datos sobre insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación en los países de ingresos medios y bajos. ATIO podría ofrecer una oportunidad de ampliar la cobertura geográfica y de indicadores de los datos de ASTI y actualizar las series aprovechando las relaciones institucionales, la recopilación de datos y los protocolos de producción de la FAO, así como su personal fundamental.

La FAO ya vigila muchas formas maduras de ciencia, tecnología e innovación en FAOSTAT y otros productos semejantes de datos de libre acceso que crea. Gran parte de esos datos procede de censos o encuestas representativas a escala nacional llevados a cabo por oficinas de estadística o ministerios de gobiernos nacionales. En muchos países de ingresos medios y bajos el Banco Mundial cumple una destacada función de asesoramiento técnico en la recogida de datos.

Queda mucho por hacer para reducir las brechas que separan a los países y ocuparse de los errores de muestreo y medición cometidos en las series existentes (por ejemplo, respecto de la adopción por agricultores de variedades de cultivos, fertilizantes y maquinarias mejorados). Los avances en la teleobservación por satélite también generan nuevas oportunidades de establecer estimaciones actuales razonables a bajo costo de la difusión de formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios que son visibles desde el espacio, como estructuras de riego o energía

renovable (como sistemas de paneles solares o turbinas eólicas) en tierras agrícolas.

- 2. Vigilancia y evaluación de formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios y síntesis de datos:** Las repercusiones de mayor poder transformador al cabo de más de un decenio provendrán con casi toda seguridad de formas de ciencia, tecnología e innovación en fases de preparación entre temprana e intermedia que todavía no están plenamente maduras y que se difunden a escala a través de los sistemas agroalimentarios. Estas tareas se encuentran entre las más complicadas metodológicamente de ATIO y forzosamente evolucionan con rapidez al ritmo de los avances en la ciencia de la información. El proyecto Wild Futures, originado en la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth y alojado hoy en la Universidad de Cornell, ha servido de referente en el tratamiento de las formas preincipientes y su posible repercusión (Herrero *et al.*, 2020, 2021), mientras que los expertos en síntesis de datos de Cornell han impulsado a través de Ceres2030 el uso de métodos de aprendizaje automático para detectar pautas en ciernes y carencias de datos en el ámbito de la ciencia (Porciello, 2020; Porciello, 2021a; Porciello, 2021b). Parte de esa labor está ligada a iniciativas estimulantes como el portal sobre IFSS (<https://nutritionconnect.org/ifss>), colaboración entre diversas instituciones dirigida por el CGIAR y la Alianza Mundial para la Mejora de la Nutrición en asociación con grupos diversos, como Cornell, Wageningen y otras universidades. Esa comunidad de usuarios desarrolla maneras innovadoras de replantearse el funcionamiento de los sistemas agroalimentarios y permitir a distintos agentes encontrar soluciones ante desafíos y oportunidades en función del contexto. Ello supone, en parte, determinar y generar evaluaciones por expertos de posibles formas de ciencia, tecnología e innovación, pero también desarrollar e implantar instrumentos para ayudar a los usuarios a formular proyecciones retrospectivas desde los estados pretendidos hasta el presente, determinando vías de repercusión factibles en materia de adopción, ampliación y resultados previstos

de las formas novedosas en el ámbito de los sistemas agroalimentarios. La frontera difusa entre formas preincipientes e incipientes, junto con la ausencia de sistemas establecidos de recopilación de datos para estas fases, favorece la combinación de ambas en una sola actividad recurriendo a los métodos y datos expuestos en las secciones 6 y 7.

Cabe prever que un destacado asociado en la investigación de ámbito mundial preste apoyo a la FAO en esta tarea. Se trata asimismo del espacio en el que la colaboración con el sector privado y la sociedad civil resulta más viable y más valiosa. La inversión privada en ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios crece rápidamente y se centra acusadamente en las fases preincipiente e incipiente. Igualmente, muchas innovaciones sociales, normativas e institucionales proceden de organizaciones de la sociedad civil (como grupos comunitarios o de agricultores). Tradicionalmente, gran parte de la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios se plasmaba en nuevos materiales zoogenéticos y fitogenéticos, productos químicos agrícolas, maquinaria, etc., pero una proporción que crece con rapidez se centra en las actividades poscosecha, la elaboración y fabricación de alimentos, la logística y, especialmente, la venta al por menor y los servicios alimentarios (Barrett *et al.*, 2022c; AgFunder Network, 2022). La colaboración estrecha con entidades del sector privado (grupos industriales nacionales, servicios de seguimiento de capital de riesgo, etc.) será esencial para conseguir vigilar y evaluar las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Al no tratarse tradicionalmente de la esfera de acción de la FAO, el CGIAR u otras entidades del sector público, serán precisas labores más creativas y cuidadosas centradas claramente en cuestiones previas a la competencia en las que todas las partes se vean incentivadas a colaborar y compartir datos.

El flujo de trabajo expuesto antes en relación con las formas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación se integra

directamente en la síntesis de datos que abarca las evaluaciones *ex ante* y *ex post* de la repercusión de estas en los sistemas agroalimentarios. Organizaciones como el CGIAR, Cornell y 3ie aportan considerable experiencia a efectos de facilitar avances metodológicos y la integración de los datos de la evaluación de la repercusión aplicados a los sistemas agroalimentarios.

Podrían coordinarse actos temáticos en torno a un tema de un número próximo o reciente de ATIO y organizaciones con intereses semejantes. Por ejemplo, podrían celebrarse actos en torno al tema de cada edición de ATIO coorganizados con algún acto de celebración periódica, como el Foro de la ciencia y la innovación de la FAO (<https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/science-innovation-forum/en>), el Foro de la Ciencia del CGIAR o las reuniones anuales del Consorcio Internacional sobre Investigación en Bioeconomía Aplicada (<https://icabr.net/>) o del proyecto multiestatal de investigación sobre análisis de la repercusión y estrategias para la adopción de decisiones en materia de investigación agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (<https://www.nimss.org/projects/view/mrp/outline/18787>).

En el marco de ATIO también podría contratarse a un asociado de perfil alto especializado en publicaciones científicas. La publicación de un informe de ATIO sólido exigirá la consulta de abundante material técnico de referencia que no formará parte de la versión final de ATIO, dirigida a un público sin preparación técnica. Ese material de referencia a menudo tiene considerable valor en la comunidad académica y de investigación con fines de difusión de nuevos conocimientos e incentivación de la participación de científicos de máxima categoría para quienes las publicaciones científicas constituyen un activo esencial. La FAO se ha asociado satisfactoriamente antes con publicaciones científicas, por ejemplo convirtiendo colecciones de documentos de antecedentes en números especiales o secciones de publicaciones

destacadas examinadas por pares²³. Asimismo, el proyecto Ceres2030 dirigido por Cornell y el IFPRI consiguió que apareciera en publicaciones de *Nature* una colección de estudios de perfil alto²⁴. Sin embargo, normalmente se trata de asociaciones puntuales, no de plataformas permanentes. Podría forjarse una colaboración con una publicación científica destacada que generara una serie de calidad de libros, números especiales o colecciones de libre acceso examinados por pares que, a su vez, se convertiría con el tiempo en una serie central de referencia sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios, tal vez en asociación con conferencias o talleres temáticos dedicados a cada tema tratado en ATIO, como por ejemplo un volumen editado de libre acceso con los documentos técnicos de antecedentes publicados por una publicación científica asociada de gran prestigio. Actualmente está en vigor un acuerdo entre la FAO y Springer de publicación de contribuciones de personal de la FAO a los libros de libre acceso de Springer Nature.

23 Véanse, por ejemplo, los números de octubre de 2013 y enero de 2021 de *Food Policy* sobre los temas *Food Systems and the Triple Burden of Malnutrition* ("Los sistemas alimentarios y la triple carga de la malnutrición") y *Food Loss and Waste: Evidence for effective policies* ("Pérdidas y desperdicio de alimentos: Datos objetivos para adoptar políticas efectivas") respectivamente, basados en documentos de antecedentes de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*.

24 Puede consultarse la colección completa en <https://www.nature.com/collections/dhiggjeagd/> y un resumen en Laborde *et al.* (2020).



EGIPTO

Una vendedora ambulante vende hortalizas en El Cairo.

CAPÍTULO 12

FRECUENCIA Y CONTENIDO DE ATIO

ATIO podría servir de poderoso instrumento para fomentar la transformación acelerada de los sistemas agroalimentarios si logra captar a un público clave e influir en él.

Está previsto que ATIO se dirija a encargados superiores de formular políticas a escala nacional y multilateral y sus asesores, así como a los inversores públicos, privados y filantrópicos que financian la I+D en materia de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. Ese público necesita mensajes no técnicos claros respaldados por datos científicos sólidos, incluidos datos de libre acceso. **La aspiración consiste en que ATIO se convierta en la publicación periódica y fuente de datos de libre acceso esencial sobre la manera en que la ciencia, las tecnologías y las innovaciones están cambiando los sistemas agroalimentarios actuales y pueden transformarlos para que ganen en eficiencia, inclusividad, resiliencia y sostenibilidad.** ATIO se utilizaría para promover, por ejemplo, un mayor volumen o formas distintas de inversión en I+D en materia de sistemas agroalimentarios y contribuir a orientar el establecimiento de prioridades por parte de entidades privadas y públicas.

El atractivo de un producto que ofrece una cobertura completa del ciclo de vida de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios también plantea un desafío considerable. El inventario de conjuntos de datos apropiados existentes que cumplen los principales criterios de inclusión expuestos en las secciones 5 y 8 es relativamente corto y especialmente escaso por lo que se refiere a las tecnologías posteriores a la explotación agrícola y a innovaciones financieras, institucionales y en materia de políticas. Además, los conjuntos de datos existentes

se centran acusadamente en las fases primera y final (los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, y las formas maduras de estas), y son notables las carencias correspondientes a las fases preincipiente e incipiente. Para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios es preciso prestar bastante más atención a estas fases intermedias críticas, sobre todo para ayudar a acortar las demoras considerables en el paso de las inversiones iniciales en I+D a la ampliación a escala mundial de nuevas formas de ciencia, tecnología e innovación de gran repercusión entre los agentes de los sistemas agroalimentarios.

Es inviable cubrir de forma adecuada y con rigor cada año todas las esferas preincipientes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación por los motivos indicados en las secciones 6 y 7. Una manera natural de conseguir que el alcance resulte manejable consiste en publicar periódicamente ATIO cada dos años. Los productos de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, la OCDE, la UNCTAD y la UNESCO sobre perspectivas en materia de ciencia, tecnología e innovación aparecen en intervalos de dos a cinco años. El *Índice Mundial de Innovación* de la OMPI aparece anualmente, pero se basa exclusivamente en datos secundarios. Una vez se hayan asentado los protocolos de ATIO, puede que, con el tiempo, entre las publicaciones periódicas bienales aparezcan ediciones complementarias dedicadas a destacadas cuestiones accesorias en formato más breve. Parece que la publicación bienal es una meta ambiciosa pero viable que favorece debidamente la calidad frente a la velocidad.

Cada edición de ATIO estará dedicada a un tema y vendrá respaldada por amplias investigaciones de base. El primer tema, al que estará dedicada la edición inaugural de ATIO en 2024, será la

ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios para los productores en pequeña escala, incluidas también las pequeñas y medianas empresas en el conjunto de los sistemas agroalimentarios. Este tema va dirigido a un resultado del Pilar 2 de la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación: “Mejora del acceso a innovaciones y tecnologías inclusivas, asequibles y específicas para cada contexto destinadas a lograr sistemas agroalimentarios sostenibles por parte de los productores en pequeña escala, los agricultores familiares y otros actores de los sistemas agroalimentarios, así como el aumento de su uso por parte de estos”. Los pequeños productores dependen más de los insumos públicos y filantrópicos para la ciencia, la tecnología y la innovación que los agentes de sistemas agroalimentarios pertenecientes a empresas multinacionales a gran escala. En esta edición de ATIO se explorarían las ventajas y desventajas para la innovación derivadas de la escala y la manera en que las partes interesadas pueden acelerar con la mayor eficacia posible el desarrollo, la adaptación, la difusión y las repercusiones de la ciencia, la tecnología y la innovación entre los productores en pequeña escala de todo el mundo.

Los temas de ATIO para 2026 y años posteriores podrían alternar entre esferas de la ciencia, la tecnología y la innovación (ámbito digital, genética, mecánica, alimentos nuevos, políticas) y los resultados o repercusiones previstos (como conservación de la tierra y los recursos hídricos, inocuidad de los alimentos, mejora de la nutrición, mejora de las condiciones de los trabajadores de los sistemas agroalimentarios, fomento de la resiliencia ante las conmociones y los factores de estrés) o incluso temas de mayor alcance como la evaluación de la repercusión de la ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios o los pronósticos y compensaciones recíprocas en futuros sistemas agroalimentarios. La labor en materia de ciencia, tecnología e innovación serviría de base natural a las ediciones más integradoras dedicadas a resultados y repercusiones relevantes.

La segunda parte de ATIO estaría formada por un apéndice rico en datos en el que aparecería no solo material correspondiente al tema de esa edición,

sino también un conjunto normalizado de datos empíricos en cuadros para países o indicadores específicos.

La serie de datos de acceso abierto que serviría de base a cada publicación de ATIO estaría disponible de forma permanente y se actualizaría con carácter periódico. Estos datos constituirían un bien público destacado cuya gestión debería ser objeto de una reflexión detenida. Tendría sentido aprovechar las plataformas existentes, como el Tablero de los sistemas alimentarios y el portal sobre IFSS, o al menos establecer vínculos y compartir datos con ellas.

Parte de los datos más valiosos procedería de la integración de las evaluaciones de la repercusión de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. La evaluación rigurosa de la repercusión es costosa. ATIO podría ofrecer un portal útil que abarcara exámenes sistemáticos y del alcance y metaanálisis estadísticos del conjunto de datos derivados de las evaluaciones de la repercusión que arrojaran luz sobre lo que cabría esperar que funcionara, así como dónde y en qué condiciones. Esos datos son de los que más útiles resultan a los organismos que operan con recursos limitados en países de ingresos medios y bajos. Pueden adoptar formas diversas, no solo como evaluaciones estadísticas, sino también como evaluaciones descriptivas o cualitativas. Algunas de las evaluaciones con mayor repercusión se centrarán en la agrupación de distintas innovaciones y tecnologías, espacio que hasta la fecha no ha estado debidamente cubierto por evaluaciones de la repercusión formales. Las actividades de ATIO de síntesis de datos tendrían carácter permanente y no estarían ligadas a una edición concreta de la publicación.

ATIO sería una labor de gran alcance y una iniciativa novedosa. Una decisión esencial que deben adoptar la FAO y los inversores en ATIO se refiere a las prioridades y la secuencia de la labor de mantenimiento y establecimiento de la recopilación y de análisis, gestión y difusión de los datos en el conjunto del ciclo de vida de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios. Es casi seguro que ATIO tendrá que avanzar por fases, centrándose primero en la gestión y comunicación de las series

de datos existentes y ampliándose para cubrir una mayor parte de la cadena de valor posterior a la explotación y de las instituciones y políticas que definen los entornos alimentarios en los que los consumidores se decantan por opciones alimentarias concretas.

Las opiniones de los expertos están muy divididas en cuanto al punto en que deben centrarse las tareas de recopilación, análisis y gestión de los datos. En las organizaciones multilaterales se recomienda por lo general centrarse claramente en los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación, mientras que los encuestados del sector privado subrayan que las esferas de avance más importantes se refieren a las formas preincipientes e incipientes. El equipo de ATIO ve motivados ambos argumentos, pero es probable que la recopilación, el análisis y la gestión de datos fiables en los ámbitos de las formas preincipientes e incipientes sean lo más prometedor para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios, especialmente en los países de ingresos medios y bajos. El ritmo de las actividades del sector privado, incluso en los países de ingresos medios y bajos, se ha acelerado notablemente en los últimos años²⁵. A medida que crece con rapidez la financiación por el sector privado de la ciencia, la tecnología y la innovación en los sistemas agroalimentarios en comparación con las inversiones públicas, cada vez cobra mayor importancia la participación de esa comunidad. Sus intereses corresponden sobre todo a las fases intermedias de las formas preincipientes e incipientes. En vista de que con ello se facilitará la participación del sector privado, que será fundamental para el éxito de ATIO, y de que se llenaría un vacío especialmente grande en el actual panorama de la ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios, ATIO pondrá

en marcha desde el principio una labor dirigida a comprender mejor las fases preincipiente e incipiente, especialmente en relación con los países de ingresos medios y bajos.

Sin embargo, el programa más amplio de ATIO debería contribuir a propiciar nuevas iniciativas para colmar en un sentido más amplio las lagunas de datos en el ámbito de los sistemas agroalimentarios y emplear los análisis y datos conservados y producidos por ATIO para fundamentar la formulación de políticas. Como se indicaba en la teoría del cambio expuesta en la Sección 1, ATIO presenta posibilidades de actuar como motor potente de la inversión en datos y la generación de estos, así como de la formulación de políticas con base empírica, para ayudar a acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios en todo el mundo, pero especialmente en los actuales países de ingresos medios y bajos, donde resulta más esencial. Está previsto que, con el tiempo, ATIO induzca a los miembros del consorcio y a un ecosistema más amplio de partes interesadas a conformar comunidades de prácticas en relación con el seguimiento y la medición de la dinámica de las formas de ciencia, tecnología e innovación en los sistemas agroalimentarios para fortalecer las mejores prácticas relativas a la formulación de políticas y la inversión con base empírica en los sistemas agroalimentarios.

25 Un ejemplo revelador de ello es que a fines de marzo de 2022 dos nuevas empresas africanas (Apollo Agriculture, de Kenya, y ThriveAgric, de Nigeria) obtuvieron en el espacio de una semana nuevas inversiones por valor de 40 millones y 56 millones de USD, respectivamente (<https://agfundernews.com/thriveagric-apollo-ag-score-nearly-100m-in-big-week-for-african-agtech>). Las empresas de tecnología agroalimentaria movilizaron en 2021 por lo menos 52 000 millones de USD en forma de nuevas inversiones, un crecimiento del 75 % con respecto a 2020, sobre todo en el ámbito de los nuevos mercados (en 2021, China, la India y el Brasil fueron tres de los seis países principales del mundo en cuanto a inversión en tecnología agroalimentaria) y en segmentos posteriores de las cadenas de valor, como el reparto de alimentos y los alimentos innovadores, como celulares, por fermentación o de origen vegetal (AgFunder Network, 2022).

APÉNDICE A

DETALLES SOBRE LOS INDICADORES EXAMINADOS

A partir de los criterios de inclusión indicados en la Sección 5, los datos estructurados que se examinan se clasificaron respecto de los insumos para la ciencia, la tecnología y la innovación (Sección 5) y las formas maduras de ciencia, tecnología e innovación (Sección 8) en dos grupos: prioritarios (es decir, que satisfacen todos los criterios de inclusión) y no prioritarios (es decir, que no satisfacen uno o más criterios de inclusión).

Esos indicadores se describen en los cuadros siguientes ([Cuadros A1-A4](#)).

A solicitud del interesado puede facilitarse una base de datos con más detalles sobre cada indicador (número total de países y de países de ingresos medios y bajos cubiertos, porcentaje de países con un mínimo de una observación disponible de 2016 a la actualidad y notas sobre el conjunto de datos).

CUADRO A1 SERIES DE DATOS PRIORITARIOS SOBRE INSUMOS PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

| Indicador | Subindicador | Definición | Fuente |
|-------------------------------|--|--|---------------|
| Financiación de la I+D | | | |
| Gobierno | GERD (Gasto de capital bruto interno en I+D) a cargo de servicios gubernamentales de ciencias agrícolas y veterinarias | Gasto bruto interno en I+D a cargo de servicios gubernamentales en la esfera de las ciencias agrícolas y veterinarias | UNESCO |
| Sector privado | GERD a cargo de servicios privados de ciencias agrícolas sin afán de lucro | Este indicador tiene en cuenta el monto total anual financiado internamente en concepto de I+D sobre ciencias agrícolas por organizaciones privadas sin fines de lucro. | UNESCO |
| | Crédito nacional al sector privado (porcentaje del PIB) | Se refiere a los recursos financieros facilitados al sector privado por empresas financieras, por ejemplo mediante préstamos, compras de títulos distintos de acciones y créditos comerciales y otras cuentas por cobrar, que permiten reclamar reembolso. Este indicador refleja la capacidad del sector privado de contribuir al desarrollo de formas de ciencia, tecnología e innovación. | Banco Mundial |
| Enseñanza superior | GERD a cargo de servicios de ciencias agrícolas de enseñanza superior | Este indicador tiene en cuenta el monto total anual financiado internamente en concepto de I+D sobre ciencias agrícolas por organizaciones de enseñanza superior. | UNESCO |



| Entorno normativo de la ciencia, la tecnología y la innovación | | | |
|--|--|---|--|
| Regímenes de propiedad intelectual | Ratificación del Convenio internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV) | La base de datos Mercedes Campi recopila índices con puntuaciones anuales para el período 1961–2018 en 104 países que tienen vigente legislación sobre protección de variedades vegetales. Los datos incluyen la ratificación Del Convenio de la UPOV, excepciones para los agricultores, excepciones para los mejoradores, la duración y el alcance de la patente. | Índice de protección de la propiedad intelectual de variedades y componentes vegetales para países individuales, 1961–2018. |
| | Excepción para los agricultores | En este componente se tiene en cuenta el denominado derecho de los agricultores a ahorrar semillas, conforme al cual se permite a los agricultores utilizar el producto de su cosecha de una variedad vegetal protegida con fines de reproducción en su explotación. | Índice de protección de la propiedad intelectual de variedades y componentes vegetales para países individuales, 1961–2018. |
| | Excepción para los mejoradores | En este componente se tiene en cuenta la denominada excepción para los mejoradores, según la cual el derecho de exclusión no es extensible al uso de una variedad vegetal con fines experimentales o de investigación por otros mejoradores. | Índice de protección de la propiedad intelectual de variedades y componentes vegetales para países individuales, 1961–2018. |
| | Duración de la protección | En este componente se tiene en cuenta la duración del derecho. | Índice de protección de la propiedad intelectual de variedades y componentes vegetales para países individuales, 1961–2018. |
| | Alcance de la patente | En este componente se determina si se permiten patentes en cinco esferas relacionadas con el fitomejoramiento y la agricultura: i) alimentación, en la que se procesan productos agrícolas; ii) microorganismos, que están ligados íntimamente al desarrollo de la biotecnología y su aplicación al fitomejoramiento; iii) productos farmacéuticos, en vista de que esta industria también depende de la biodiversidad y los recursos genéticos; iv) plantas y animales, cuando la invención no se limita a una variedad en concreto, y v) variedades vegetales (variedades vegetales específicas de reproducción sexual o asexual). (Definición procedente de Campi y Nuvolari, 2021). | Índice de protección de la propiedad intelectual de variedades y componentes vegetales para países individuales, 1961–2018. |
| Capacidad de reglamentación | Índice de calidad de la normativa | Este índice refleja las percepciones de la capacidad gubernamental de formular y aplicar políticas y normativas sólidas que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado. Las puntuaciones están normalizadas. | <i>Índice Mundial de Innovación</i> de la OMPI (obtenido de http://info.worldbank.org/governance/wgi/#home). |
| Entorno para nuevas empresas | <i>Enabling the Business of Agriculture</i> | Mediante los indicadores de <i>Enabling the Business of Agriculture</i> se determina si los gobiernos facilitan o dificultan los negocios emprendidos por agricultores. | Banco Mundial |
| Insumos físicos para I+D | | | |
| Importaciones de alta tecnología | Importaciones de alta tecnología | “Importaciones de alta tecnología como porcentaje del comercio total. Las exportaciones e importaciones de alta tecnología contienen productos técnicos con alta intensidad de I+D definidos conforme a la clasificación de EUROSTAT, que se basa en la revisión 4 de la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional y la definición de la OCDE. Los productos pertenecen a los siguientes sectores: ámbito aeroespacial, informática y ofimática, electrónica y telecomunicaciones, farmacia, instrumentos científicos, maquinaria eléctrica, química, maquinaria no eléctrica y armamento”. | <i>Índice Mundial de Innovación</i> de la OMPI |
| Publicaciones científicas | Número de publicaciones científicas sobre tecnología agrícola de vanguardia | Número de publicaciones sobre tecnología agrícola de vanguardia que reflejan el progreso científico de la innovación tecnológica, especialmente en relación con formas preincipiantes e incipientes de ciencia, tecnología e innovación. | SCOPUS |
| Colecciones genéticas | Número de adhesión, por país | Se trata de una variable construida (no es seguro si es válida o no) que representa la diversidad de cultivos dentro de un país. | Genesys |

CUADRO A2 SERIES DE DATOS PRIORITARIOS SOBRE FORMAS MADURAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

| Indicador | Subindicador | Definición | Fuente |
|--|---|---|--|
| Producción primaria | | | |
| Semillas mejoradas | Cultivos transgénicos aprobados | Consta de los cultivos biotecnológicos o transgénicos aprobados con fines de comercialización/plantación e importación (alimentos y pienso). | Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas |
| Fertilizantes | Uso agrícola | Cantidad utilizada en el sector agrícola durante el año. La unidad se expresa en toneladas. | FAOSTAT |
| | Fertilizantes | Total de nutrientes N, P2O5 y K2O procedentes de fertilizantes inorgánicos y N procedentes de fertilizantes orgánicos aplicados a suelos, en miles de toneladas métricas. | Índices de la productividad total de los factores agrícolas internacionales, 1961–2019 |
| Plaguicidas | Uso de plaguicidas | Se incluyen datos sobre el uso de los principales grupos de plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas, reguladores del crecimiento de las plantas y rodenticidas) y de las familias pertinentes de productos químicos. Los datos informan de las cantidades (en toneladas de ingredientes activos) de plaguicidas utilizadas en el sector agrícola para cultivos y semillas o vendidas a este sector. | FAOSTAT |
| Labranza | Superficie de tierra cultivable sometida a labranza de conservación | Superficie de tierra cultivable (en miles de hectáreas) en la que las prácticas de labranza dejan residuos vegetales (mínimo del 30–35 %) en la superficie del suelo con fines de control de la erosión y conservación de la humedad. | Datos de las Naciones Unidas, FAO |
| Operaciones y proteínas procedentes de la carne celular o de origen vegetal | Fabricantes y marcas de proteínas alternativas | Estos datos dan noticia de todas las empresas del mundo que se dedican a las proteínas y los alimentos de origen vegetal alternativos; hacen seguimiento de variables como el país en que están ubicadas, las regiones en las que operan, el año de fundación y los fundadores. | Instituto de la Buena Alimentación |
| Superficie cultivada | Superficie de tierra provista para riego | La superficie provista para riego abarca zonas provistas para riego totalmente controlado mediante métodos de riego de superficie, aspersores o riego por goteo. No es obligatorio que el equipo se utilice durante el año de referencia. También quedan comprendidas las zonas sujetas a métodos de riego controlados parcialmente, como el riego por derivación de crecidas (que controla las aguas de las inundaciones destinándolas a cultivos que necesitan agua), los humedales y fondos de valles interiores y las decrecidas controladas. Queda excluido el riego manual de plantas mediante cubos, regaderas u otros dispositivos. | FAOSTAT |
| Acuicultura | Producción acuícola | Este indicador representa el peso acumulado en libras de una especie de peces capturada por el sector pesquero de un país determinado (por ejemplo, 5 000 toneladas de salmón en los Estados Unidos de América). | FishStatJ de la FAO |
| Mejoras en la sanidad animal/la genética/la nutrición | Medidas de control | Tipo de inspección realizada para ayudar a curar determinadas enfermedades que afectan a los animales en un país determinado. | Organización Mundial de Sanidad Animal |
| Inversiones físicas | Existencias de capital neto | Inversión física en existencias de capital destinado a agricultura, silvicultura y pesca. Los datos se corrigen en función de la depreciación. | FAO |
| Productividad total de los factores | Productividad total de los factores | Proporción entre el índice de producción total y el índice de insumos total | Índices de la productividad total de los factores agrícolas internacionales, 1961–2019 |



| Tecnologías poscosecha | | | |
|--|---|---|--|
| Producción de biodiésel | Producción de biodiésel | Energía producida mediante biodiésel equivalente al petróleo en miles de toneladas. La energía mediante biodiésel es la energía procedente de cosechas agrícolas que puede utilizarse en sustitución del diésel. | Portal estadístico de la OCDE |
| Cadena de suministro e infraestructura | Infraestructura agrícola | Mediante el indicador se mide la capacidad de almacenar y transportar cultivos al mercado en función de la evaluación de un país en materia de: i) inversión en instalaciones de almacenamiento de cultivos; ii) infraestructura vial; iii) infraestructura aérea, portuaria y ferroviaria; y iv) infraestructura de riego. | <i>Índice Global de la Seguridad Alimentaria</i> |
| Acceso a Internet | Total de personas que utilizan Internet (porcentaje) | Porcentaje de población que utiliza Internet a título individual en vista de la difusión de nueva tecnología agrícola mediante acceso a Internet | Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) |
| | Hogares con acceso a Internet (porcentaje) | Porcentaje de hogares con acceso propio a Internet en vista del acceso de los hogares a nueva tecnología agrícola. | UIT |
| Procesamiento, fabricación y envasado | | | |
| Normativa en materia de enriquecimiento | Enriquecimiento obligatorio | El país dispone de documentación jurídica a efectos de hacer obligatorio actualmente el enriquecimiento del alimento en cuestión con una o más vitaminas o minerales; en la documentación se indica que el enriquecimiento de todos o algunos de los alimentos es obligatorio o se exige. | Intercambio mundial de datos sobre enriquecimiento |
| Normativa en materia de reformulación | Reformulación de alimentos y bebidas | Número de países que aprobaron políticas en materia de grasas, sal/sodio o azúcares. | Base de datos mundial sobre la ejecución de intervenciones nutricionales |
| Cuestiones laborales | | | |
| Aplicación de leyes en materia de salario mínimo | Salario mínimo | Salarios mínimos brutos mensuales legales en dólares estadounidenses (convertidos al tipo de cambio vigente) en el último año. | Estadísticas ILOSTAT sobre salarios. |
| Entornos alimentarios orientados al consumidor | | | |
| Minoristas de productos alimenticios y supermercados modernos | Minoristas de productos alimenticios y supermercados modernos por cada 100 000 personas | Número de supermercados por cada 100 000 habitantes. Euromonitor entiende por supermercados “los puntos de venta al por menor que ofrecen comestibles en un espacio comercial de 400 a 2 500 metros cuadrados. Quedan excluidos los puntos de descuento, tiendas multiservicios y tiendas de comestibles independientes”. Cabe observar que para algunos países Euromonitor modela los datos sobre la base de estimaciones de otros países con dimensiones geográficas, sociodemográficas y macroeconómicas semejantes. La población se determinó a partir de estimaciones del Banco Mundial. | Tablero de sistemas alimentarios |

CUADRO A3 SERIES DE DATOS NO PRIORITARIOS SOBRE INSUMOS PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

| Sección | Nombre | Enlace |
|---|--|---|
| Financiación pública de I+D | ASTI | https://www.asti.cgiar.org/pdf/GlobalAssessmentDataTables.pdf |
| | INSTePP | |
| | IFPRI: Estadísticas de 2019 sobre el gasto público para el desarrollo económico | https://doi.org/10.7910/DVN/MKX1TU |
| | FAO: Gasto público en agricultura | https://www.fao.org/faostat/es/#data/IG |
| | OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD |
| Filantrópico | OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD |
| | Fundación Bill y Melinda Gates | https://www.gatesfoundation.org/about/committed-grants |
| | Fundación Ford | https://www.fordfoundation.org/work/our-grants/grants-database/grants-all |
| | Fundación Rockefeller | https://www.rockefellerfoundation.org/grants/ |
| Enseñanza superior | <i>Índice Mundial de Innovación de la OMPI 2021 (procedente de: Foro Económico Mundial, encuesta de opiniones 2020 (2018–20), Apéndice C del Índice Mundial de Competitividad 2020. (https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020))</i> | https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf |
| Personal de I+D | UNESCO: Instituto de Estadísticas de la UNESCO | http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en |
| | ASTI | https://www.asti.cgiar.org/pdf/GlobalAssessmentDataTables.pdf |
| | UNESCO | http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en |
| | FMIIA | https://www.gfar.net/information-gateway |
| Regímenes de propiedad intelectual | Base de datos PLUTO sobre variedades vegetales | https://pluto.upov.int/search |
| | Base de datos mundial sobre acuerdos comerciales preferenciales | https://wits.worldbank.org/gptad/database_search_results.aspx?show=1 |
| Entorno para nuevas empresas | Banco Mundial | https://www.doingbusiness.org/en/data |
| | <i>Índice Mundial de Innovación de la OMPI (procedente de Banco Mundial, Doing Business 2020, Comparing Business Regulation in 190 Economies).</i> | https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf |
| Colección de genes | Proyecto GRIN-Global | https://www.grin-global.org/ |
| Colección de genes | Gramene | https://www.gramene.org/ |

CUADRO A4 SERIES DE DATOS NO PRIORITARIOS SOBRE FORMAS MADURAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

| Sección | Nombre | Enlace |
|--|--|---|
| Producción primaria: plaguicidas | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN |
| Producción primaria: labranza reducida | Publicación Nature.com | https://www.nature.com/articles/s41597-021-00817-x |
| Producción primaria: porcentaje de superficie cultivada que se riega | Indicadores del desarrollo mundial del Grupo Banco Mundial | https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.IRIG.AG.ZS?end=2018&start=2001&view=chart |
| Producción primaria: acuicultura | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN |
| Producción primaria: mejoras en la sanidad animal/la genética/la nutrición | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=77269 |
| Producción primaria: número de explotaciones/agentes de extensión | Centro Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias | https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/JEQ9BO |
| Producción primaria: maquinaria agrícola de precisión | Agricultura inteligente | https://www-statista-com.proxy.library.cornell.edu/study/46794/smart-agriculture/ |
| Producción primaria: porcentaje de superficie cultivada con cultivos de protección | Mapa de información sobre los cultivos de protección | https://gocovercrops.com/ |
| | Tierras de cultivo permanente (porcentaje de la superficie de tierra) | https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.CROP.ZS |
| | Base de datos sobre cultivos de protección | https://sarep.ucdavis.edu/covercrop |
| Producción primaria: proteínas vegetales | Instituto de la Buena Alimentación | https://gfi.org/resource/alternative-protein-company-database/ |
| | Directorio de proteínas | https://proteindirectory.com/alt-protein-database/ |
| | Directorio de nuevas empresas de Asia dedicadas a las proteínas alternativas | https://www.greenqueen.com.hk/asia-alt-protein-directory-database/ |
| Producción primaria: riego por bombeo | AQUASTAT de la FAO | https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en |
| Producción primaria: uso de energía | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN# |
| Producción primaria: mejora de los recursos hídricos y su calidad | AQUASTAT de la FAO | https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en |



APÉNDICE A

| | | |
|---|--|---|
| Producción primaria: mejora de los recursos hídricos y su calidad | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN# |
| Producción primaria: mejora de la calidad del suelo | Portal estadístico de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN# |
| Producción primaria: mejora de la calidad del suelo | FAOSTAT | https://www.fao.org/faostat/en/#data/GV |
| Producción primaria: actividad forestal | Datos de las Naciones Unidas, FAO | https://www.fao.org/faostat/en/#data/GV |
| Tecnologías poscosecha: bolsas de almacenamiento mejoradas | Ingeniería por el cambio: base de datos sobre soluciones agrícolas | https://www.engineeringforchange.org/solutions/products/?category=agriculture |
| | OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DV_DCD_PPFD |
| Procesamiento, fabricación y envasado: normativa en materia de reformulación | Mejores prácticas de reformulación de alimentos en los Estados miembros | https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/nutrition_physical_activity/docs/2016euskpresidency_bestpractices_en.pdf |
| Procesamiento, fabricación y envasado: transporte | AQUASTAT de la FAO | https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en |
| Procesamiento, fabricación y envasado: eliminación de desechos eficiente desde el punto de vista energético | FAOSTAT | https://www.fao.org/faostat/es/#data/RFB |
| Cuestiones laborales: empleo de mano de obra agrícola | Índices de la productividad total de los factores agrícolas internacionales, 1961–2019 | https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/ |
| Cuestiones laborales: aplicación de leyes en materia de salario mínimo | Base de datos mundial WageIndicator sobre salarios mínimos | https://wageindicator.org/salary/minimum-wage |
| | Salarios mínimos reales de la OCDE | https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RMW |
| Entornos alimentarios orientados al consumidor: asistencia alimentaria electrónica | Dependencia de protección social del Grupo Banco Mundial | https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Event/social-protection/Gentilini%20-%20Food%20assistance%20as%20a%20safety%20net.pdf |
| | Laboratorio digital de alimentación | https://www.digitalfoodlab.com/en/foodtech-database/ |
| Entornos alimentarios orientados al consumidor: Venta al por menor sin dinero en efectivo | Indicadores de inclusión financiera del Grupo de los Veinte (G-20) del Banco Mundial | https://databank.worldbank.org/source/g20-financial-inclusion-indicators/Series/GPSS_2 |

APÉNDICE B

POSIBLES FUENTES DE INFORMACIÓN SOBRE NUEVAS EMPRESAS DE SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

Inventarios de bases de datos de empresas nuevas

Existen diversas bases de datos sobre empresas nuevas que ayudan a confeccionar una lista de las que se dedican a la agroalimentación. La accesibilidad de estas bases de datos varía, y muchas ofrecen a los usuarios un registro gratuito. Tras el registro, la facilidad de acceso a los datos puede variar considerablemente. Por ejemplo, Agrifood Cooperative Platform no exige inscripción; al abrir la página web puede filtrarse por país, tipo de organización, tipo de organización en el ámbito agroalimentario, servicios prestados y tipo de producción agrícola y alimentaria, tras lo cual se muestran los resultados en un mapa que ofrece detalles de las organizaciones y enlaces con los distintos sitios web (Innovation Technology Cluster, sin fecha). Aloja a algo menos de 1 000 organizaciones agroalimentarias distintas. En cambio, CompassList es un sitio web que exige inscribirse gratuitamente y aloja más de 7 000 empresas nuevas (CompassList, sin fecha). El sitio permite filtrar por país, sede, fase de financiación, sector, tecnología y condición de la empresa. Dentro de la fase de financiación, el principal objetivo de la búsqueda de tecnologías innovadoras se dirigirá a las etapas de financiación de arranque o previa o de financiación inicial o por un padrino, siendo posible cierto grado de interés en la serie A. Dentro de la categoría de sector, corresponden a la agroalimentación numerosas opciones, como la acuicultura, las proteínas alternativas, la agricultura y la pesca, la agricultura urbana, la tecnología alimentaria, la economía circular, etc. Las bases de datos se centran en material heterogéneo, como nuevas empresas en fases iniciales o una cobertura más amplia en cuanto a la madurez empresarial. Otra base de datos sólida

de innovaciones es [Global Innovation Exchange](#), que aloja más de 7 000 innovaciones mundiales relacionadas con el desarrollo en documentos Excel descargables de código abierto (Global Innovation Exchange, sin fecha). En el documento figuran los países de ejecución, las vidas afectadas, fechas de las actualizaciones, la entidad incubadora, fórmulas concisas, direcciones URL, la fase y otros muchos campos. Aunque la versión del inventario en Excel sigue estando disponible, a otoño de 2021 se dejó de actualizar por falta de fondos.

Bases de datos de financiadores que prestan apoyo a empresas agroalimentarias nuevas

Son muy diversas las posibles fuentes de financiación que pueden explorarse para preparar una lista de nuevas empresas agroalimentarias. Para ayudar a categorizar las fuentes, se crearon grupos dentro de la categoría más amplia de plataformas de innovación ([Cuadro B1](#)).

En las carteras de empresas de inversión en fases iniciales pueden determinarse innovaciones más recientes, y la ronda de financiación puede indicar la madurez de la innovación. Por ejemplo, las distintas rondas de financiación a menudo se etiquetan como financiación previa, financiación inicial o serie A. Las empresas normalmente ofrecen al público una lista de sus carteras en su sitio web institucional ([Cuadro 3](#)).

A efectos del presente estudio, se entiende por inversor una persona u organización (por lo general, una empresa) que aporta fondos a otras organizaciones para fomentar su crecimiento con la expectativa de percibir un rendimiento financiero. Se hizo marcado hincapié en empresas y no en particulares. La consulta de bases de datos

CUADRO B1 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN DE EMPRESAS NUEVAS EXAMINADAS

| | | |
|---------------------------|---|---|
| Plataformas de innovación | Bases de datos sobre empresas nuevas | Plataformas o bases de datos creadas con el principal objeto de enumerar organizaciones nuevas. |
| | Inversores | Organizaciones o personas que se proponen aportar financiación a organizaciones en crecimiento con el objeto de obtener rendimiento. |
| | Bases de datos sobre inversores | Plataformas creadas en forma de listas de inversores activos o con el objeto de poner en contacto a inversores y receptores de inversiones. |
| | Convocatorias abiertas/galardones/desafíos | Oportunidades de que disponen los innovadores para dar a conocer sus ideas, normalmente con ánimo de atraer atención y apoyo. |
| | Aceleradora/incubadora | Programas pensados para ayudar a seguir prosperando a las organizaciones que se proponen crecer. |
| | Fundación | Organización sin fines de lucro creada por un particular o un grupo de donantes con el objeto de aportar fondos a organizaciones y entidades sin fines de lucro. |
| | Base de datos sobre donaciones | Base de datos creada para catalogar las oportunidades de obtener donaciones y, en ocasiones, poner en contacto a quienes conceden donaciones y quienes las reciben. |
| | Financiación colectiva | Plataformas que ofrecen al público en general acceso para invertir en organizaciones. |
| | Ecosistemas | Plataformas pensadas para crear una red en torno a un factor común a fin de promover los conocimientos y el acceso a ellos. |

de inversores puede generar listas de inversores que pueden conducir a sus carteras. En cambio, algunas plataformas constan de empresas nuevas a la vez que financiadores con el objeto de conectar las unas con los otros. Por ejemplo, algunas de las plataformas más conocidas en este ámbito son CrunchBase (<https://www.crunchbase.com/hub/startups-founded-in-2021>), TechCrunch (<https://techcrunch.com/startups/>), Pitchbook (<https://pitchbook.com/solutions/startups>), Plug and Play (<https://www.plugandplaytechcenter.com/startups/our-startups/>), Deal Room (<https://app.dealroom.co/companies.startups>) y CB Insights (<https://www.cbinsights.com/>). Todas ellas son plataformas de inversión en general, pero, al ser las más conocidas, son las que más se utilizan y las que cuentan con inventarios sólidos de nuevas empresas. Además, algunos recursos han reunido listas de Airtable (para poderlas actualizar de forma permanente) que en algunos casos pueden exportarse a archivos con formato CSV y en otros no. Por ejemplo, Foodhack ofrece una lista de más de 100 agentes que invierten de forma activa en tecnología alimentaria (Foodhack, sin fecha), mientras que en otra lista figuran los nombres, los sitios web y datos semejantes de más de 215 fondos de capital de riesgo en fases iniciales que pueden

descargarse en un archivo con formato CSV (Goldman, sin fecha). La utilización de estas listas para acceder a las carteras de capital de riesgo normalmente disponibles en su sitio web puede aportar información sobre las organizaciones en fases iniciales que encierran gran potencial según los inversores (véase el Cuadro B2).

Otras fuentes sólidas de empresas agroalimentarias en fases iniciales son las convocatorias abiertas, los laboratorios, los desafíos o los premios. A menudo, los financiadores en busca de ideas innovadoras publican convocatorias abiertas mediante las que solicitan a los candidatos que ayuden a resolver problemas específicos o amplios. Estas fuentes pueden ayudar a detectar algunas de las ideas más novedosas. Algunas plataformas dan a conocer públicamente todas las propuestas o las comparten directamente con otros candidatos. En estas bases de datos figuran no solo los adjudicatarios, sino todas las propuestas, y pueden servir para detectar organizaciones en fases iniciales que todavía no hayan recibido inversiones. Por ejemplo, Agrifood Game Changers Lab es una colaboración entre EAT, IDEO, Thought For Food, la Fundación Rockefeller, Forum for the Future, el Instituto Meridian, SecondMuse e

CUADRO B2 DEFINICIÓN DE LAS PRIMERAS RONDAS DE FINANCIACIÓN

| Primeras rondas de financiación | Definición |
|---------------------------------------|---|
| Financiación de arranque o previa | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Producto mínimamente viable ▶ Determinación del mercado ▶ Vía de acceso al mercado |
| Financiación inicial o por un padrino | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Se empieza a vender el producto ▶ Se forma un equipo de calidad para crear la empresa |
| Serie A | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Encaje de mercado establecido ▶ Crecimiento de las ventas ▶ Potencial de que las ventas sigan creciendo |

Intention 2 Impact que facilita acceso a todas las propuestas y crea 24 equipos de innovadores centrados en objetivos semejantes para buscar soluciones innovadoras (de Haas, 2021). Las categorías de equipos van desde el suprarreciclaje de alimentos y materiales y la reducción del desperdicio de alimentos hasta envases innovadores para mejorar la salud del suelo. En otras ocasiones, las convocatorias abiertas generan una lista de las ideas principales y los ganadores. Entrepreneurs World Cup (<https://platform.entrepreneurshipworldcup.com/display/IN/2021+EWC+100>) presenta las 100 innovaciones principales de su concurso anual. Las convocatorias abiertas a menudo tienen lugar periódicamente con carácter anual, bianual o trimestral, lo que permite realizar comparaciones temporales. A menudo se organizan también galardones y desafíos como incentivo para atraer ideas innovadoras a fin de dotarlas de reconocimiento y conceder premios a los ganadores. Por ejemplo, UpLink cuenta con una plataforma en la que figuran desafíos en torno a temas como el carbono azul, los factores que configuran el clima mundial y la economía circular (Foro Económico Mundial, sin fecha). La plataforma de desafíos de UpLink ofrece acceso a las contribuciones presentadas, así como a las principales innovaciones. El MIT acoge el desafío sobre sistemas alimentarios sostenibles, del que dio a conocer a los siete ganadores, otros ocho finalistas y más de 250 propuestas presentadas (MIT, 2021). Otra opción posible consiste en colaborar con una plataforma que no hace públicas todas las propuestas pero cuenta con un conjunto de datos sobre las innovaciones.

También pueden encontrarse otros recursos relativos a empresas nuevas que suelen

ser ofrecidos con frecuencia periódica por aceleradores, incubadoras y fundaciones. En cada caso se forman grupos que eligen a las empresas más prometedoras en función de la esfera de especialización del acelerador, incubadora o fundación en cuestión. Serían ejemplos de becas la Fundación Skoll (<https://skoll.org/community/emerging-leaders-initiative/>), la Fundación Mulago (<https://www.mulagofoundation.org/henry-arnhold-fellows>), Acumen (<https://acumen.org/fellowships/>) o EIT Food (<https://eit.europa.eu/our-activities/opportunities/eit-food-ris-fellowships-2021>), entre muchas otras. Según datos de la Asociación Internacional de Innovación Empresarial notificados en 2019 por Forbes, había cerca de 7 000 programas de aceleración e incubadoras de empresas (Cremades, 2019) que pueden limitarse en función de industrias específicas o fases de desarrollo, pero se trata de una lista extensa. Es habitual que los aceleradores, incubadoras y fundaciones publiquen sus carteras en sus sitios web. En algunos casos el alcance es mundial, como YCombinator (<https://www.ycombinator.com/>), mientras que en otros el alcance es regional o se refiere a una categoría específica, como el acelerador GROW (<https://www.gogrow.co/>), que se centra en empresas agroalimentarias de Asia sudoriental.

También existen varias plataformas de gestión de donaciones que ponen en relación a donantes con solicitantes. Aunque en estos recursos figuran varias organizaciones sin fines de lucro, también está aumentando el número de empresas sociales con tecnologías innovadoras que buscan asimismo oportunidades de donación. Las plataformas presentan bastante diversidad; es normal el registro obligatorio, y algunas son gratuitas, mientras que otras ofrecen un período

de prueba gratuito antes de exigir pago. Las Naciones Unidas catalogan sus donaciones en una plataforma que también permite solicitar la donación (Naciones Unidas, sin fecha). En cambio, Fluxx se creó sin afán de lucro y es gratuita, mientras que Instrumental ofrece un período de prueba de 14 días antes de exigir el pago al usuario u organización (Fluxx Grantseeker, sin fecha). Algunas ofrecen formatos descargables que simplifican el uso de los datos.

La financiación de las empresas nuevas en sus primeras fases suele corresponder a fundadores, familiares y amigos (Spiegel *et al.*, 2016, 421-449). Ello supone que su localización será más difícil, pues no podrán conocerse las organizaciones a partir de las fuentes de financiación. Sin embargo, la premisa basada en conseguir que inviertan familiares y amigos y facilitar la financiación hace que actualmente se disponga de numerosas organizaciones de financiación colectiva. Los sitios de financiación colectiva han surgido como medio para poner en marcha una empresa, recabar clientes en fases tempranas y dar a conocer pronto la marca, y han vuelto la inversión más accesible a una persona media. Con el tiempo, la financiación colectiva ha evolucionado adoptando modelos diversos; el principal que se explora aquí es el de financiación colectiva de capital. Sin embargo, abundan los sitios que también se proponen dotar las donaciones de transparencia y ofrecer acceso a comunidades marginadas que de otro modo puede que no tuvieran acceso a financiación. En ese sentido, los sitios web de financiación colectiva son espacios apropiados para explorar una serie de organizaciones innovadoras nuevas que cuentan con aceptación comunitaria. Existen plataformas internacionales de financiación colectiva general, como GoFundMe (<https://www.gofundme.com/>), Kickstarter (<https://www.kickstarter.com/>), Indiegogo (<https://www.indiegogo.com/>), Crowdfunder (<https://www.crowdfunder.co.uk/>), Wefunder (<https://wefunder.com/>), Angellist Venture (<https://www.angellist.com/>), etc. Algunos sitios son más especializados, mientras que otros se dirigen en mayor medida a la financiación en etapas iniciales, como Crowdcube (<https://www.crowdcube.com/>), Seedrs (<https://www.seedrs.com/>), OurCrowd (<https://www.ourcrowd.com/>), Fundify (<https://fundify.com/>), Funding Societies (<https://fundingsocieties.com/>) y otros.

Otras plataformas se centran expresamente en empresas agroalimentarias como FoodHack (<https://foodhack.global/>), Vegan Launch (<https://veganlaunch.com/>) y Sustainable Food Ventures (<https://www.sustainablefoodventures.com/>). A veces se hace hincapié en el ámbito regional para dar cabida a leyes y reglamentos diversos.

La financiación colectiva, innovación financiera que, entre otros usos, genera recursos destinados a formas de ciencia, tecnología e innovación, experimenta a escala mundial un tremendo crecimiento, y no solo en países de ingresos altos (Recuadro E). Por ejemplo, la African Crowdfunding Association procura que la financiación colectiva de ámbito africano sea más transparente y consonante con las “mejores prácticas” que ha determinado (African Crowdfunding Association, sin fecha). La Asociación ha preparado una lista de plataformas de financiación colectiva presentes en África que deben atenerse a estos reglamentos (African Crowdfunding Association, sin fecha). La popularidad de la financiación colectiva ha crecido en toda Asia a medida que distintos gobiernos aprobaban legislación sobre préstamos entre pares. El crecimiento también ha sido amplio en América Latina. Por ejemplo, en el Brasil la financiación procedente de plataformas de financiación colectiva ha crecido de 8,3 millones de USD en 2016 a 78,8 millones de USD en 2019 (Nery, 2020).

Otros recursos posibles son los ecosistemas, plataformas con las que se pretende crear una red en torno a un factor común determinado (como la agroalimentación) a fin de que las personas se sirvan de ella para recabar conocimientos y acceso. Con ello se aspira a acumular en un solo lugar toda la información que sea posible. Un ejemplo sería la Red Aspen de empresarios para el desarrollo (ANDE), red mundial con oficinas regionales que exige pagar cuotas para poder acceder a inversores, expertos, actividades de capacitación y empresas nuevas afines (ANDE, sin fecha). Otro ejemplo es la plataforma de innovación Feed 9 B, que se dedica a fomentar la colaboración y la innovación en el conjunto del ecosistema alimentario de Asia (Feed 9 B, sin fecha).

Las nuevas tecnologías no se limitan a las empresas nuevas, sino que a menudo también forman parte de empresas grandes que cuentan

con medios para llevar a cabo labores de I+D. El acceso directo a la fuente de estas organizaciones y el examen de sus informes anuales pueden ayudar a perfilar los contornos de las tecnologías innovadoras incipientes. Para examinar estos documentos puede que haya que emprender búsquedas detenidas, pues suelen abundar en información de distintos grados de utilidad y presentar únicamente conocimientos no patentados. Cabe señalar que las organizaciones controlan el discurso por el que se determina qué información se comparte. Sin embargo, el examen de sus últimos productos aparecidos o ensayos realizados puede servir de indicio de sus innovaciones más recientes. Por ejemplo, ADM

cuenta con 55 centros de innovación distintos que ejemplifican la amplitud y la diversidad de la investigación llevada a cabo (Archer Daniels Midland Company, 2020). Otro método consiste en examinar las tendencias publicadas por las principales empresas en sus propios medios de difusión, aunque puede que algunas actividades tengan lugar de forma más encubierta, en cuyo caso conviene consultar las bases de datos sobre propiedad intelectual. El examen de las adquisiciones y productos derivados también puede ofrecer una valiosa visión panorámica de las nuevas tecnologías, aunque a menudo les corresponda una fase posterior en la escala de madurez y desarrollo.

APÉNDICE C

MÉTODOS ESTRUCTURADOS DE CONSULTA DE EXPERTOS

Examen de las mejores prácticas de consulta de expertos

Deben abordarse diversas variables críticas del diseño de la encuesta y el flujo del trabajo al plantear el modelo de consulta de expertos de ATIO. Los investigadores deben determinar:

- ▶ qué tipo de método de consulta se aplicará;
- ▶ a quién se seleccionará como participante;
- ▶ qué criterios se utilizarán para definir a los “expertos”;
- ▶ si todas las respuestas de expertos se ponderarán por igual o de forma proporcional en función de su nivel de especialización;
- ▶ cuál será el número mínimo de expertos necesario por cada encuesta;
- ▶ si los expertos se dividirán en subconjuntos (paneles) o si se encuestarán en conjunto;
- ▶ qué protocolos y mejores prácticas se adoptarán.

A Practice Guide to Structured Expert Elicitation Using The IDEA Protocol (Guía práctica para una consulta estructurada de expertos mediante el protocolo IDEA) (Hemming *et al.*, 2017) destaca como guía para los protocolos de mejores prácticas en materia de consultas de expertos. El artículo contribuyó a perfilar el método de consultas de expertos empleado en ATIO. Se seleccionaron los protocolos IDEA para estructurar estas consultas porque han sido objeto de suficiente investigación y evitan las desventajas primarias derivadas del método Delphi. Los protocolos IDEA permiten a los investigadores reducir exponencialmente el tiempo, el dinero y los recursos necesarios para llevar a cabo una consulta de expertos. Muy diversos especialistas en consultas de expertos han adoptado el modelo. En el **Cuadro C1** se resumen los protocolos IDEA junto con otros enfoques comunes diversos de consulta de expertos.

Simulacro de propuesta de consulta de expertos para tecnologías preincipiantes

En el **Recuadro C1** figura un ejemplo de flujo de trabajo pensado para el proceso de consulta de expertos dentro de ATIO. La totalidad de la consulta de expertos en el marco de ATIO tiene lugar a distancia mediante una plataforma de encuestas en línea. Tras la reunión inicial, todas las etapas de la encuesta se llevan a cabo de forma asincrónica. Cada una de las encuestas correspondientes a cada grupo de expertos se efectúa en paralelo.

A continuación se describe brevemente cada fase del proceso propuesto de encuesta de expertos en el ámbito de ATIO.

- 1. Invitación.** Las invitaciones se enviarán por correo electrónico antes de la reunión inicial. En las invitaciones se resumirán en un lenguaje sencillo el objeto, el calendario y la información de contacto en relación con la investigación y la publicación de ATIO. Se indicará a los invitados que su participación es voluntaria y que tienen derecho a retirarse del estudio en cualquier momento. En la invitación figurará también una declaración sobre ética en la que se explicarán temas como la protección del anonimato, el uso de nombres en código y la encriptación de datos.
- 2. Reunión inicial.** La reunión inicial es una reunión de introducción dirigida a los expertos invitados a participar en la encuesta. Tiene por objeto explicar el contexto y los métodos de la consulta. Deberá hacerse un esfuerzo especial por facilitar reuniones en idiomas diversos, y cuando sea posible se organizarán en directo encuentros a distancia para potenciar al máximo la participación de los asistentes y aumentar

CUADRO C1 TIPOS DE CONSULTA

| | Descripción |
|---|--|
| Método Delphi tradicional | Los expertos se someten a una encuesta de rondas múltiples (tres o más) y son dirigidos sin sesgos por un moderador para que lleguen a un consenso colectivo sobre las respuestas a la encuesta. Lo normal es que una consulta de tipo Delphi sea presencial, exija mucho tiempo a todas las partes y resulte costosa. |
| Método Delphi modificado | El proceso es el mismo que el del método Delphi tradicional, pero se incorporan en el flujo de trabajo diversas reestructuraciones, normalmente con el objeto de reducir el tiempo que los participantes deben dedicar a las encuestas y los costos de estas. Muchos modelos de consulta Delphi modificada constan de dos rondas, pero no existe un formato estándar. Los métodos de consulta Delphi modificada han permitido a los investigadores dar cabida a más expertos en la consulta y han vuelto más prácticas las consultas de expertos a distancia. Organismos como la Organización Mundial de la Salud y la NASA emplean modelos Delphi modificados. |
| Protocolos IDEA | <p>Los protocolos IDEA son un conjunto debidamente investigado de mejores prácticas que se aplican a métodos de consulta de expertos. Se dividen en dos modelos primarios: preguntas en tres pasos y en cuatro pasos. La variedad en tres pasos solo se utiliza para obtener las probabilidades de un evento único. Se utiliza para “estimar cantidades numéricas o probabilidades a fin de obtener aproximaciones a hechos que puedan cotejarse y utilizarse como base de decisiones y modelos” (Morgan, 2014, citado en Hemming <i>et al.</i>, 2017).</p> <p>Los tres pasos se refieren a una estimación triple correspondiente a cada pregunta de la encuesta: 1) probabilidad plausible más baja, 2) probabilidad plausible más alta, 3) mejor estimación de la probabilidad.</p> <p>Por su parte, el enfoque de cuatro pasos puede servir para estimar cantidades previstas y frecuencias de acontecimientos: 1) valor plausible más bajo, 2) valor plausible más alto, 3) mejor predicción del valor, y 4) una puntuación del nivel de confianza de las estimaciones (confianza del 50 % al 100 %).</p> <p>Las consultas de expertos mediante el método IDEA presentan un diseño semejante al de Delphi modificado, pero no tienen por qué orientarse a llegar a un consenso por mayoría (Speirs-Bridge <i>et al.</i>, 2010, citado en Hemming <i>et al.</i>, 2017).</p> |
| Método Cooke (respuestas ponderadas) | En lugar de ponderar por igual todas las opiniones de expertos (enfoque clásico), se crea un método para determinar el nivel de especialización de cada experto y sus respuestas se ponderan en consecuencia. Antes de la primera ronda de la encuesta se imparte a los expertos un cuestionario para determinar la “ponderación” de su respuesta al agregar los datos. El método Cooke ha resultado útil para distinguir entre expertos especializados en teoría y expertos con alto grado de experiencia práctica y conocimientos aplicados (Aspinall, 2010). Dependiendo de la fase de la consulta de expertos, tal vez sea importante ponderar las respuestas. |

las probabilidades de que estos comprendan el objeto de la consulta (McBride *et al.*, 2012, citado en Hemming *et al.*, 2017). La reunión inicial deberá celebrarse por lo menos dos semanas antes de la primera ronda de la consulta (Hemming *et al.*, 2017).

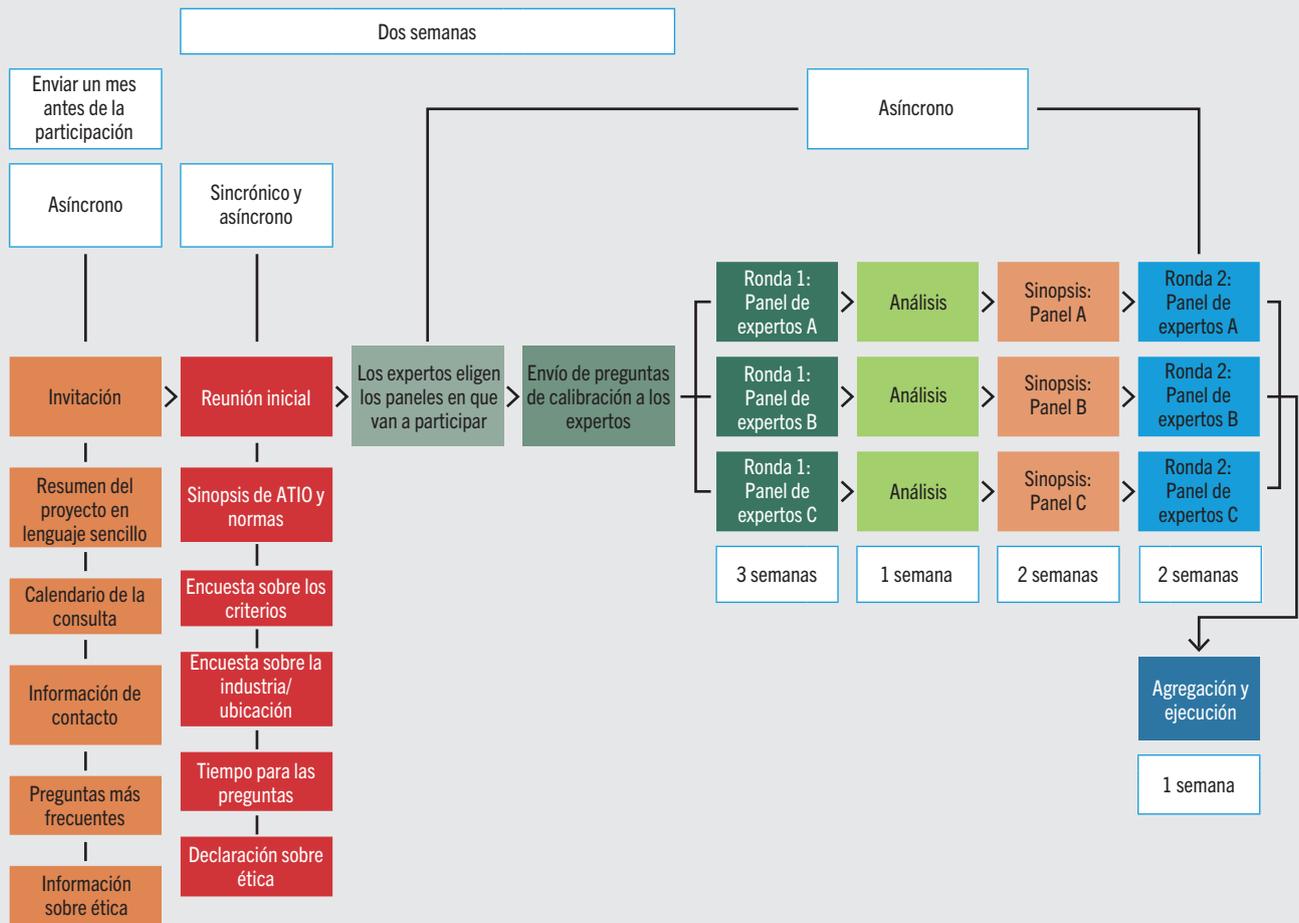
- En la reunión se explicará que se permite a los participantes “obtener y examinar información procedente de cualquier persona ajena al grupo”, pero no “debatir esas cuestiones entre sí fuera de la consulta” para disminuir las dificultades y limitaciones presentadas por las consultas de expertos (es decir, el pensamiento grupal).
- A continuación, los expertos pueden solicitar aclaraciones, y los moderadores de la reunión presentarán los tipos de preguntas (tipo test, matrices) y la manera de responderlas.
- Al término de la reunión inicial deberá documentarse un conjunto de preguntas más frecuentes que los expertos podrán consultar en cualquier momento mientras dure la encuesta.

3. Ronda 1 de la consulta de expertos. La

Ronda 1 se impartirá a los expertos mediante una dirección URL en formato de encuesta en línea. Consistirá en una fase asíncrona. Los expertos tendrán tres semanas para responder a la Ronda 1 de la encuesta. En ella figurarán instrucciones, y se ofrecerá a los expertos la oportunidad de crear un nombre de usuario no identificable. Los expertos podrán pedir que se aclare alguna pregunta en cualquier momento durante esas tres semanas. Se facilitarán enlaces con una página de preguntas más frecuentes vinculada con el portal de investigación para la consulta de expertos (Hemmings *et al.*, 2017).

- Análisis y comentarios.** Los investigadores tendrán una semana para limpiar los datos de la Ronda 1, normalizarlos, agregar estimaciones, crear gráficos visuales de los datos y los cuadros sinópticos y crear un documento de observaciones al que puedan añadirse comentarios en cualquier momento (Hemmings *et al.*, 2017).

RECUADRO C1 EJEMPLO DE POSIBLE FLUJO DE TRABAJO EN CONSULTAS DE EXPERTOS



5. **Sinopsis.** La fase de sinopsis tendrá carácter asíncrono. En el curso de dos semanas, los expertos podrán examinar todos los datos recopilados de la Ronda 1 (las respuestas aparecerán de forma anónima). El investigador también preparará una grabación en vídeo en la que se presentará una breve sinopsis de los resultados de la Ronda 1, se señalarán las opiniones opuestas y se formularán preguntas inspiradoras. De ser necesario, también se aclarará o volverá a definirse cualquier término empleado en la encuesta o los resultados (Hemmings *et al.*, 2017).

6. **Ronda 2 de la consulta de expertos.** Los expertos tendrán dos semanas para presentar observaciones sobre cualquier sección de los datos, modificar sus respuestas originales o profundizar en sus propias respuestas. También podrán responder a las observaciones de otros expertos o profundizar en las respuestas de estos. Se enviarán recordatorios a los expertos tres días antes del comienzo de la Ronda 2 y tres días antes de que se cumpla el plazo (Hemmings *et al.*, 2017).

7. **Agregación.** Se verificarán todos los datos para detectar errores, se generarán intervalos de

confianza estándar, se agregarán datos y las estimaciones finales se convertirán en gráficos, cuadros y observaciones. Los datos se subirán al portal de investigación de las consultas de expertos de ATIO para que todos los expertos los consulten y den su aprobación (Hemmings

et al., 2017). Este proceso llevará cerca de una semana, en función del tamaño del grupo total de expertos y del número de paneles creados. Será necesario más tiempo para agregar y presentar la comparación entre todos los grupos de expertos de ATIO.

APÉNDICE D

FORMAS INCIPIENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Como se señalaba antes, el primer paso en el desarrollo de indicadores mediante procesamiento del lenguaje natural para formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación consiste en determinar fuentes de datos y establecer metas claras para cada una. Las metas deberán corresponderse con la visión general del proyecto o el análisis final de los datos para reducir el ruido de estos. En segundo lugar, los datos se incorporan en una base de datos con fines de almacenamiento y procesamiento generales mediante una interfaz de programación de aplicaciones o un código personalizado de raspado web por medio de una aplicación de servidor web. Los datos se someten a procesamiento previo para evaluar la estructura (en el caso de los datos incorporados mediante interfaces de programación de aplicaciones) y a una limpieza general antes de ser sometidos a trámites de enriquecimiento. Estos trámites ponen en marcha el proceso de inteligencia artificial. Se han optimizado los modelos de este proyecto para emprender exclusivamente tareas de clasificación y extracción de información mediante métodos no supervisados y semisupervisados. A continuación se describe con mayor detalle el proceso de modelización. El proceso de extracción de información y clasificación queda ultimado cuando se aplica a los datos una serie de etiquetas.

Resultados

Primera etapa: Modelización de temas

La modelización de temas basada en la asignación latente de Dirichlet, el análisis semántico latente y la factorización matricial no negativa (NMF) presentan un dilatado historial de semántica en el análisis de conjuntos de datos (Jelodar *et al.*, 2019). Estos modelos ofrecen características como la sinonimia (para detectar relaciones entre palabras cuando se describe la misma idea con palabras

distintas) y la polisemia, que se da cuando se describen ideas distintas con la misma palabra. La extracción de temas tiene lugar en varias etapas, entre ellas el procesamiento previo (normalización del texto, lematización y extracción de frases), la vectorización y la eliminación de palabras vacías (y, el, del) antes de construir modelos de temas mediante enfoques como la NMF.

La extracción de temas es, en lo fundamental, un proceso no supervisado de aprendizaje automático, lo cual supone que no hay intervención humana aparte de la entrada de datos y el código estadístico. La modelización de temas se calibra mediante hiperparámetros o un valor que puede utilizarse para controlar el proceso de aprendizaje automático. No existe un patrón oro que permita comparar, pues su interpretabilidad sigue estando sin medir, en lugar de lo cual se utilizan mediciones de la coherencia para determinar el desempeño del modelo. Las mediciones de la coherencia se calculan como media o mediana de las puntuaciones de la semejanza entre palabras por pares en relación con el tema (por ejemplo, el Punto de Información Mutua [PIM]). Cuanto mayor es la coherencia, mejor será el desempeño de la modelización de los temas (Röder *et al.*, 2015). Se construyeron y evaluaron varios modelos para distintos números de temas empleando una medición de la coherencia a fin de determinar que las mayores puntuaciones de la coherencia correspondían a 20 temas.

En la [Figura D1](#) aparecen los mismos 20 temas por número de documentos publicados cada mes en 2021, algo que puede aportar más información sobre las tendencias anuales y el desempeño comparado de las distintas tendencias. Por último, en la [Figura D2](#) aparece la distribución ponderada de los temas calculada por número de documentos

FIGURA D1 TEMAS DESCUBIERTOS EN RELACIÓN CON LOS DATOS SOBRE PATENTES

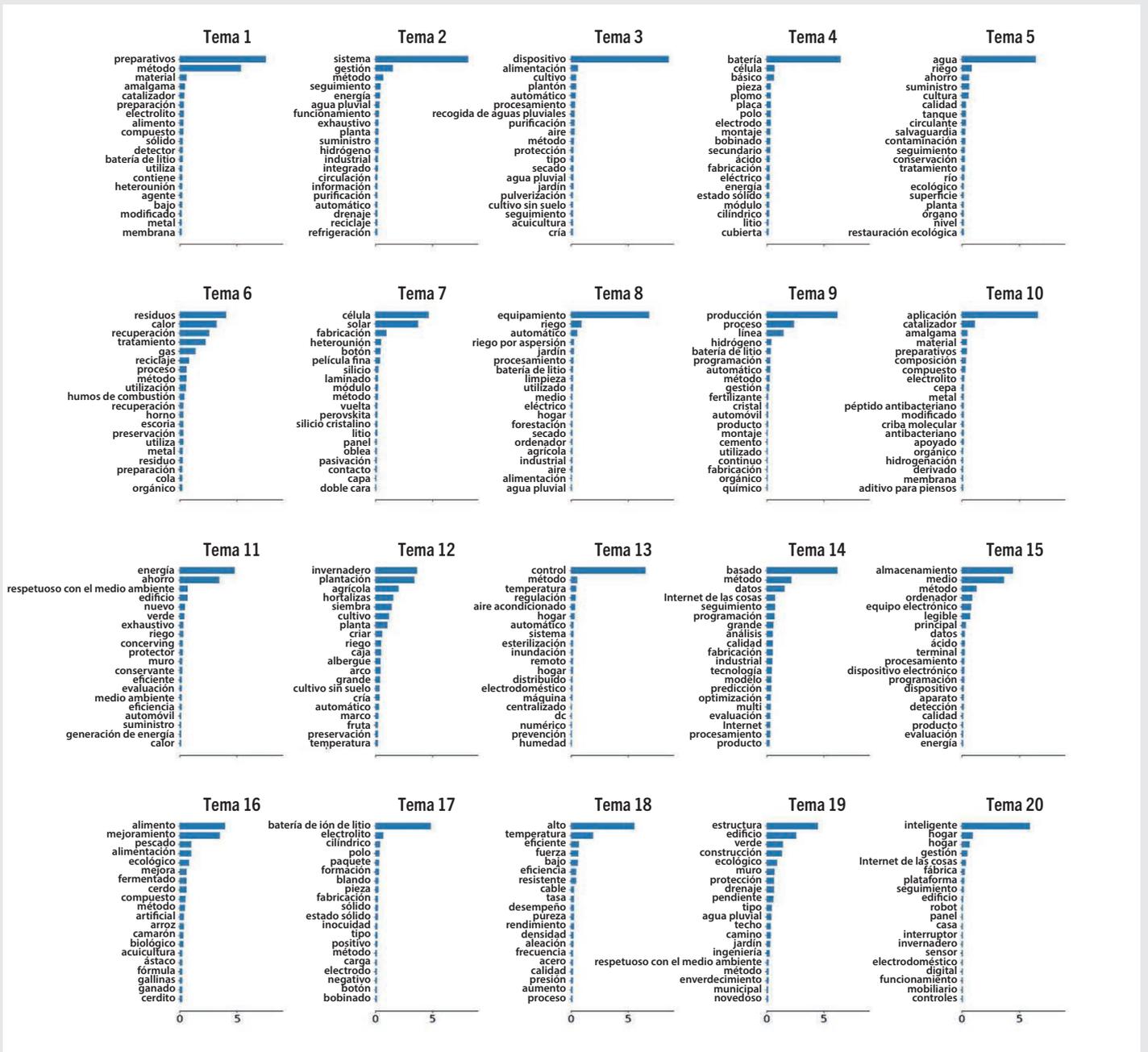


FIGURA D2 NÚMERO MENSUAL DE DOCUMENTOS POR TEMA EN 2021

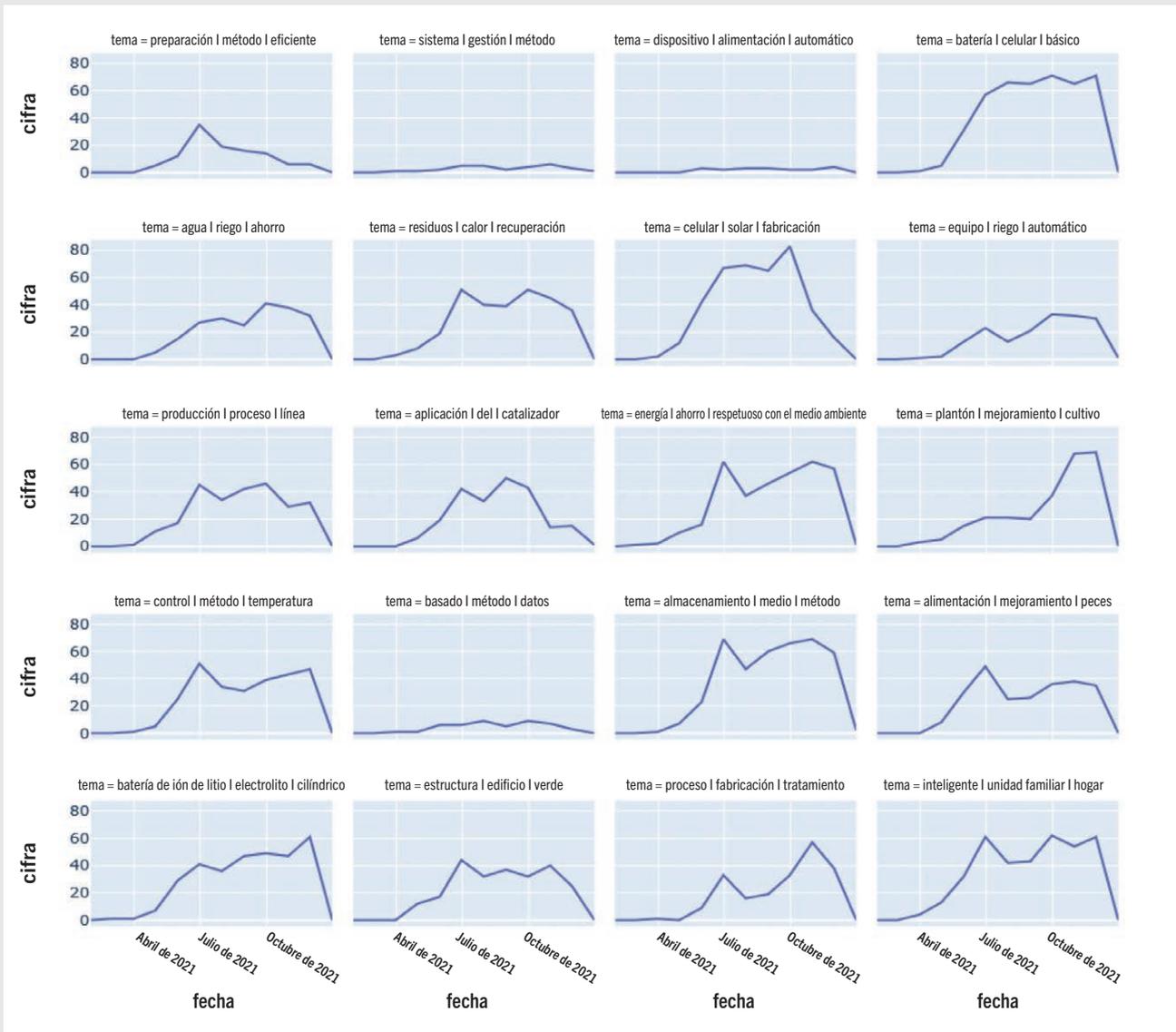


FIGURA D3 DISTRIBUCIÓN PONDERADA DE TEMAS

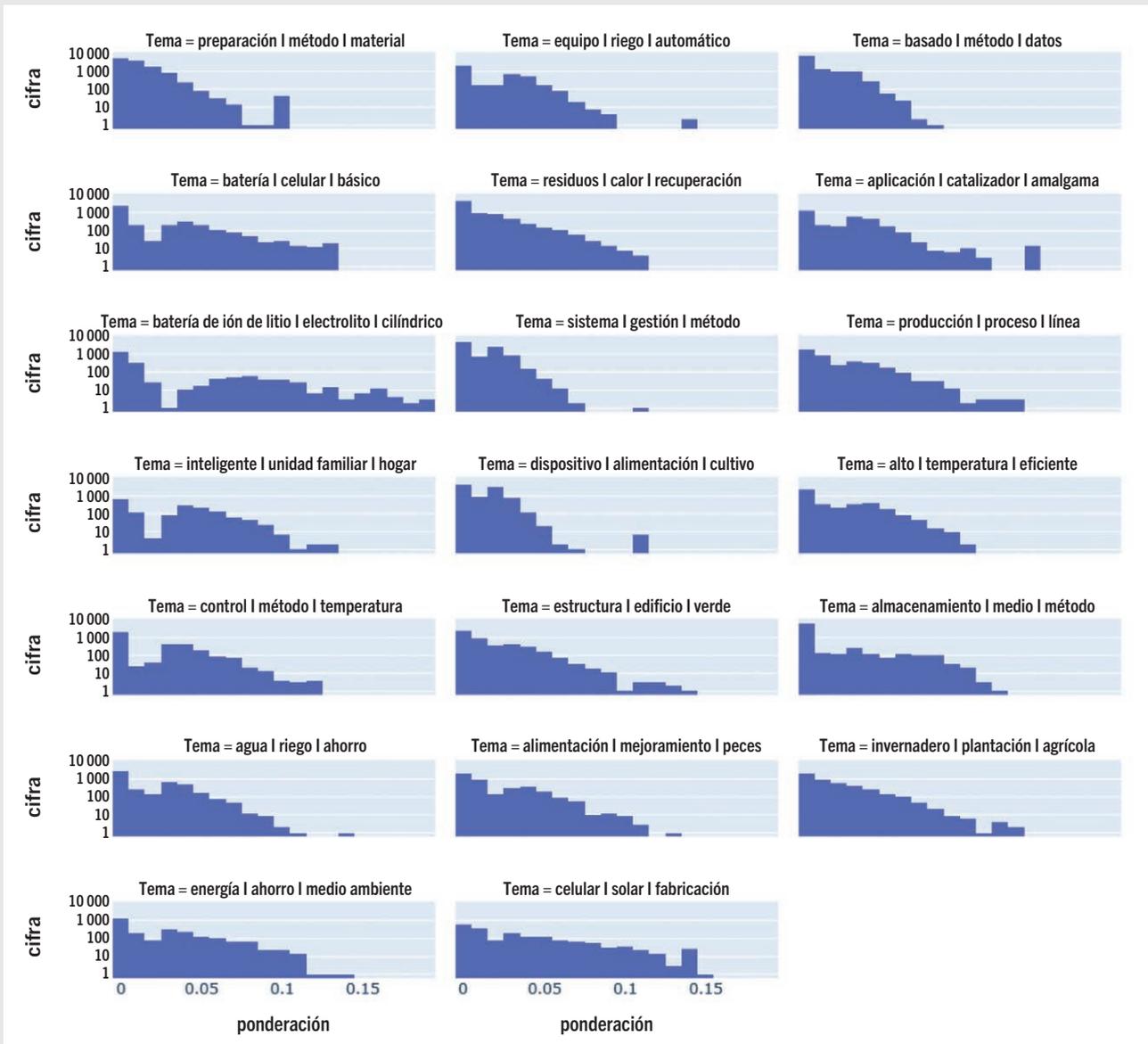


FIGURA D4 CORRELACIÓN ENTRE LAS INTERVENCIONES ENCONTRADAS Y LOS TEMAS DETERMINADOS

Los temas determinados se presentan como series de palabras, mientras que las intervenciones encontradas en bruto (found_raw) y las intervenciones encontradas extraídas (found_extracted) se presentan como correlaciones entre temas e intervenciones, calculadas entre 0 y 1. Cuanto más alto es el valor, como 0,25 en “siembra, mejoramiento y cultivo”, mayores son las probabilidades de intervenciones pertinentes específicas.

| Modelos de temas sencillos | Intervenciones encontradas | Intervenciones extraídas |
|---|----------------------------|--------------------------|
| Alimentación mejoramiento peces | 0,012 | 0,026 |
| Batería de ión de litio electrolito cilíndrico | 0,065 | 0,079 |
| Alto temperatura eficiente | 0,003 | 0,007 |
| Estructura edificio verde | 0,078 | 0,041 |
| Preparación método del | 0,165 | 0,105 |
| Sistema gestión método | 0,061 | 0,089 |
| Dispositivo alimentación automático | 0,029 | 0,062 |
| Batería celular básico | 0,008 | 0 |
| Agua riego ahorro | 0,052 | 0,065 |
| Residuos calor recuperación | 0,076 | 0,066 |
| Equipo riego automático | 0,047 | 0,045 |
| Celular solar fabricación | 0,004 | 0,025 |
| Producción línea automático | 0,068 | 0,052 |
| Aplicación catalizador costo | 0,088 | 0,02 |
| Energía ahorro respetuoso con el medio ambiente | 0,03 | 0,033 |
| Plantón mejoramiento cultivo | 0,254 | 0,159 |
| Control inteligente hogar | 0,137 | 0,113 |
| Basado método datos | 0,134 | 0,099 |
| Almacenamiento medio método | 0,104 | 0,056 |
| Invernadero plantación agrícola | 0,186 | 0,097 |

por ponderación temática, lo cual brinda otra oportunidad de comparar el desempeño de los temas dentro del corpus.

En la **Figura D3** se muestra la distribución ponderada de los temas calculada por número de documentos por ponderación temática. De ese modo puede determinarse cuántos documentos corresponden a las series de tres palabras, lo cual ofrece otro tipo de datos para evaluar la precisión de la modelización de los temas.

Segunda etapa: Determinación de formas incipientes de ciencia, tecnología e innovación

Los modelos de transformación obligan a utilizar un enfoque de aprendizaje semisupervisado conforme al cual expertos humanos examinan y corrigen los datos a intervalos aleatorios y

reincorporan en el modelo los datos corregidos. El modelo de intervención semisupervisado se combinó con los modelos de temas no supervisados para acelerar el proceso de determinación de las tecnologías incipientes. En la **Figura D4** se muestran los resultados de combinar el modelo de extracción de intervenciones con modelos de temas para determinar si las intervenciones conexas forman parte de los modelos de temas. El modelo extrae intervenciones del texto en lo que se denominan “etiquetas en bruto”, que aparecen en la columna “intervenciones encontradas en bruto”, antes de explorar el gráfico de conocimientos más amplio del modelo para determinar si este ha captado antes la intervención o algo que se pareciera a la intervención, como se muestra en la columna “intervenciones extraídas”. Es mayor la

FIGURA D5 FUENTES DE PATENTES INDIVIDUALES Y MEDICIÓN DE LA COHERENCIA POR MODELOS DE TEMAS

| ID | enlace para los resultados | título | fecha | preparación [métodos] material | sistema l gestión l método | dispositivo l alimentación l cultivo | batería l celdas l básico | agua l riego l ahorro | residuos l caca l recuperación | celdas l total l fabricación | equipo l riego l automático | producción l proceso l línea | aplicación l catalizadores l amalgama | energía l ahorro l respeto con el medio ambiente | invernadero l plantación l agrícola | control l método l temperatura | basado l método l datos | almacenami ento l método | alimentación l riego l peces | batería de litio l cilindro l | alto l temperatura l eficiente | estructura l edificio l verde | inteligente l unidad familiar l hogar |
|--------------------|--|---|-------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| CN-11368913-A | https://patents.google.com/patent/CN11368913A/en | Método para analizar los problemas habituales en las entregas de equipo complejo sobre la base de decisiones sobre objetivos grisés | ##### | 0,00108878 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02091297 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02031219 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-11369040-A | https://patents.google.com/patent/CN11369040A/en | Electrodo negativo y método de preparación de metales de zinc modificados para películas pasivas compuestas de hidróxido de zinc y aplicación correspondiente | ##### | 0,01632681 | 0 | 0 | 0,00250071 | 0 | 7,35866-05 | 0 | 0 | 0 | 0,02510971 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0005797 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113687359-A | https://patents.google.com/patent/CN113687359A/en | Sistema de gestión de la salud por radar meteorológico de antenas en fase | ##### | 0 | 0,027355371 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,000221627 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00216122 |
| CN-113687961-A | https://patents.google.com/patent/CN113687961A/en | Método de procesamiento simultáneo de antenas de canales múltiples basado en tecnología de ondas de código de frecuencia espacio-tiempo | ##### | 0,0003992 | 0 | 0,00058707 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00047871 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02639966 | 0 | 0 | 0 | 0,00020926 | 0 | 0 |
| CN-113686420-A | https://patents.google.com/patent/CN113686420A/en | Sistema de pesado para la inyección de líquido en baterías de litio de tipo | ##### | 0 | 0,020559187 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,06983467 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113687360-A | https://patents.google.com/patent/CN113687360A/en | Estrategia de rastreo mediante radar meteorológico de antenas en fase adecuada para obtener garantías meteorológicas en el control del tráfico aéreo en el marco de la aviación civil | ##### | 0 | 0 | 0,00023426 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,021542216 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113673917-A | https://patents.google.com/patent/CN113673917A/en | Método de ensamblaje inteligente basado en el tipo y la posición del equipo de fábrica | ##### | 0,00241344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,033951 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03055389 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00160353 | 0,04771856 |
| CN-113672924-A | https://patents.google.com/patent/CN113672924A/en | Método de determinación en tiempo real del valor de un sistema de control distribuido, y sistema, equipamiento y medio de almacenamiento | ##### | 0,00021006 | 0,018061293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02852871 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05906117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113673971-A | https://patents.google.com/patent/CN113673971A/en | Método de ensamblaje inteligente con fines de oferta y demanda de mano de obra sobre la base de la posición en la fábrica | ##### | 0,00190218 | 0,000593015 | 0 | 0 | 0,00324166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02791787 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,04232202 |
| CN-113687639-A | https://patents.google.com/patent/CN113687639A/en | Método y sistema inteligente de alerta temprana de fallos para el equipo de maquinaria tracc | ##### | 0,0049092 | 0,017542236 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0292433 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00145273 | 6,6423E-05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03818407 |
| CN-113689150-A | https://patents.google.com/patent/CN113689150A/en | Método y sistema de gestión de la cadena de suministro para una plataforma de comercio electrónico de patente | ##### | 0,00592111 | 0,029272411 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00094659 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00203274 | 0,00143715 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00271493 |
| EP-20210134534-A | https://patents.google.com/patent/EP20210134534A/en | Sistema de purificación de la tierra contaminada y los desechos de piedra con fines de reciclaje | ##### | 0 | 0,01628602 | 0 | 0 | 0,02532394 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113673915-A | https://patents.google.com/patent/CN113673915A/en | Sistema de seguimiento y análisis de la calidad de las bollos para la producción de polipropileno sobre la base del seguimiento del ciclo de producción completo | ##### | 0 | 0,01342897 | 0 | 0 | 0,00117027 | 0 | 0 | 0 | 0,02080249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02009634 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113657820-A | https://patents.google.com/patent/CN113657820A/en | Método, dispositivo, equipo y medio de almacenamiento legible para los labores en lotes de una línea de producción | ##### | 0 | 0 | 0,01625051 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03197525 | 0,04417188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,07601188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113675479-A | https://patents.google.com/patent/CN113675479A/en | Proceso de preparación y aplicación de una batería de litio de gel | ##### | 0,02252614 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0006305 | 0 | 0,00057064 | 0,02036795 | 0,04888466 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN-113675457-A | https://patents.google.com/patent/CN113675457A/en | Electrolito para una batería de litio, método de preparar y batería de litio | ##### | 0,02252384 | 0 | 0,00016504 | 0,00027178 | 0 | 0 | 0 | 0,00023206 | 0,00051078 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01248496 | 0 | 0,00114216 | 0 |
| CN-113655768-A | https://patents.google.com/patent/CN113655768A/en | Método de control, equipo y medio de almacenamiento legible por máquina para el rendimiento del ensamblaje | ##### | 0 | 0 | 0 | 0,00043042 | 0 | 0 | 0 | 0,02329965 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,036693694 | 0 | 0,08348763 | 0 | 0 | 0,00052029 | 0 | 0 |
| DE-20202110711-1U1 | https://patents.google.com/patent/DE20202110711U1/en | Cuerpo de cavernas para animales de acuario | ##### | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00042103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,2993E-05 | 0 | 0 | 0 | 0 |

correlación entre las intervenciones encontradas y los temas, lo cual supone que el etiquetado de temas a partir de datos nuevos puede emplearse como etapa previa al paso de extracción de intervenciones, que lleva más tiempo y es más costoso.

Tercera etapa: Análisis de las fuentes y extracción de información

La etapa final previa al análisis consiste en determinar candidatos a efectos de examen de las fuentes. En el ejemplo que sigue (Figura D5) se indican fuentes de patentes individuales junto con una medición de la coherencia solo para los modelos de temas. En labores posteriores ello

aportarí coherencia entre las intervenciones en bruto y extraídas, conforme a la segunda etapa.

Se seleccionarían las fuentes más pertinentes para someterlas a un análisis más a fondo a fin de extraer intervenciones específicas y otros parámetros. Previa petición puede facilitarse en un archivo digital complementario en una hoja de cálculo con los resultados para distintas patentes.

Cuarta etapa: Examen del recurso en línea

Los datos se ordenan en un recurso en línea con fines de examen, análisis y ajuste. Se trata de un proceso iterativo que exige que el equipo de investigación aporte sus comentarios.

REFERENCIAS

- Acemoglu, D.S., Johnson, S. y Robinson, J.A.** 2005. Institutions as a fundamental cause of long-run growth. En: P. Aghion y S.N. Durlauf, coords., *Handbook of Economic Growth*, volume 1, parte A: 385-472.
- Acevedo, M., Pixley, K., Zinyengere, N., Meng, S., Tufan, H., Cichy, K., Bizikova, L., Isaacs, K., Ghezzi-Kopel, K. y Porciello, J.** 2020. A scoping review of adoption of climate-resilient crops by small-scale producers in low- and middle-income countries. *Nature Plants*, 6(10), 1231-1241. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00783-z>.
- African Crowdfunding Association.** Members Directory. [Consultado el 21 de enero 2022]. <https://africancrowd.org/members-directory/>.
- Afshin, A., Micha, R., Khatibzadeh, S., Schmidt, L.A. y Mozaffarian, D.** 2014. Dietary Policies to Reduce Non-Communicable Diseases. En: *The Handbook of Global Health Policy*, págs. 175-193. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118509623.ch9>.
- AgFunder Network.** 2022. AgFunder AgriFoodTech Investment Report. <https://agfundernews.com/agfunder-agrifoodtech-investment-report-startups-net-52bn-in-2021-doubling-2020-total>.
- Aghion, P. y Jaravel, X.** 2015. Knowledge spillovers, innovation and growth. *Economic Journal*, 125(583): 533-573.
- Ahmadpoor, M. y Jones, B.F.** 2017. The dual frontier: Patented inventions and prior scientific advance. *Science*, 357(6351): 583-587.
- Alston, J.M. y Pardey, P.G.** 2021. The economics of agricultural innovation. En: C.B. Barrett y D.R. Just, coords., *Handbook of Agricultural Economics*, 5: 3895-3980. Amsterdam.
- Alston, J.M., Pardey, P.G. y Rao, X.** 2022. Payoffs to a half century of CGIAR research. *American Journal of Agricultural Economics*, 104(2): 502-529.
- ANDE (Aspen Network of Development Entrepreneurs).** Aspen Network of Development Entrepreneurs. [Consultado el 24 de enero de 2022]. <https://www.andeglobal.org/>.
- ANDE.** La voz líder del sector de las pequeñas empresas en crecimiento. [Consultado el 21 de febrero de 2022]. <https://andeglobal.org/home-esp/>.
- Antle, J.M. y Valdivia, R.O.** 2021. Trade-off analysis of agrifood systems for sustainable research and development. *Q Open*, 1(1): qaaa005.
- Antonelli, M., Basile, L., Gagliardi, F., Riccaboni, A. y Isernia, P.** 2019. 2019 AGRIFOODMED DELPHI. Trends challenges and policy options for Water Management, Farming Systems and Agrifood Value Chains in 2020-2030. <https://www.researchgate.net/publication/333872330>.
- Archer Daniels Midland Company.** 2020. Annual Report 2019. https://s1.q4cdn.com/365366812/files/doc_financials/2019/ar/ADM-Proxy-Materials.pdf.
- Arthur, W.B.** 2009. *The Nature of Technology: What it is and how it evolves*. Nueva York (Estados Unidos de América): Simon & Schuster.
- Aspinall, W.** 2010. A Route to More Tractable Expert Advice. *Nature*, 463(7279): 294-295. <https://doi.org/10.1038/463294a>.
- Aspinall, W.P., Cooke, R.M., Havelaar, A.H., Hoffmann, S. y Hald, T.** 2016. Evaluation of a Performance-Based Expert Elicitation: WHO Global Attribution of Foodborne Diseases. *PLoS ONE*, 11(3): e0149817. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149817>.
- Baltenweck, I., Cherney, D., Duncan, A., Eldermire, E., Lwoga, E.T., Labarta, R., Rao, E.J.O., Staal, S. y Teufel, N.** 2020. A scoping review of feed interventions and livelihoods of small-scale livestock keepers. *Nature Plants*, 6(10): 1242-1249. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00786-w>.
- Barrett, C. B.** 1997. Idea gaps, object gaps, and trust gaps in economic development. *Journal of Developing Areas*, 31(4): 553-568.
- Barrett, C.B.** 2010. Measuring food insecurity. *Science*, 327, núm. 5967: 825-828.
- Barrett, C.B.** 2021a. Overcoming global food security challenges through science and solidarity. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(2): 422-447.
- Barrett, C.B.** 2021b. On design-based empirical research and its interpretation and ethics in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(29): e2023343118.
- Barrett, C.B., Beaudreault, A.R., Meinke, H., Ash, A., Ghezae, N., Kadiyala, S., Nigussie, M., Smith, A.G. y Torrance, L.** 2021a. Foresight and trade-off analyses: Tools for science strategy development in agriculture and food systems research. *Q Open*, 1(1): qaaa002.

Barrett, C.B. y Carter, M.R. 2020. Finding our balance? Revisiting the randomization revolution in development economics ten years further on. *World Development*, 127: 104789.

Barrett, C.B. y Carter, M.R. 2010. The power and pitfalls of experiments in development economics: Some non-random reflections. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(4): 515-548.

Barrett, C.B., Ghezzi-Kopel, K., Hoddinott, J., Homami, N., Tennant, T., Upton, J. y Wu, T. 2021b. A scoping review of the development resilience literature: Theory, methods and evidence. *World Development*, 146: 105612.

Barrett, C.B., Benton, T., Fanzo, J., Herrero, M., Nelson, R.J., Bageant, E., Buckler, E., Cooper, K., Culotta, I., Fan, S., Gandhi, R., James, S., Kahn, M., Lawson-Lartego, L., Liu, J., Marshall, Q., Mason-D'Croz, D., Mathys, A., Mathys, C., Mazariegos-Anastassiou, V., Miller, A., Misra, K., Mude, A.G., Shen, J., Sibanda, L.M., Song, C., Steiner, R., Thornton, P. y Wood, S. 2022a. *Socio-technical Innovation Bundles for Agrifood Systems Transformation*, Londres. Palgrave Macmillan.

Barrett, C.B., Islam, A., Malek, A.M., Pakrashi, D. y Ruthbah, U. 2022b. Experimental evidence on adoption and impact of the system of rice intensification. *American Journal of Agricultural Economics*, 104(1): 4-32.

Barrett, C.B., Reardon, T., Swinnen, J. y Zilberman, D. 2022c. Agrifood value chain revolutions in low-and middle-income countries, *Journal of Economic Literature*, 60(4). En prensa.

Bell, W. 1996. An Overview of Futures Studies., págs. 28-56 y 290, 1996. https://www.researchgate.net/publication/265186494_An_overview_of_futures_studies.

Bishop, C.M. y Nasrabadi, N.M. 2006. *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, Núm. 4, pág. 738). Nueva York (Estados Unidos de América), Springer.

Bizikova, L., Nkonya, E., Minah, M., Hanisch, M., Turaga, R.M.R., Speranza, C. ., Karthikeyan, M., Tang, L., Ghezzi-Kopel, K., Kelly, J., Celestin, A.C. y Timmers, B. 2020. A scoping review of the contributions of farmers' organizations to smallholder agriculture. *Nature Food*, 1(10): 620-630. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00164-x>.

Blut, M. y Wang, C. 2020. Technology readiness: A meta-analysis of conceptualizations of the construct and its impact on technology usage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48(4): 649-69. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00680-8>.

Bojke, L., Soares, M., Claxton, K., Colson, A., Fox, A., Jackson, C., Jankovic, D., Morton, A., Sharples, L. y Taylor, L. 2021.

Good practice in structured expert elicitation: Learning from the available guidance. Developing a reference protocol for structured expert elicitation in health-care decision-making: A mixed-methods study. *NIHR Journals Library*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK571059/>.

Boldrin, M. y Levine, D.K. 2013. The case against patents. *Journal of Economic Perspectives*, 27(1): 3-22.

Boone, C., Lokshin, B., Guenter, H. y Belderbos, R. 2019. Top management team nationality diversity, corporate entrepreneurship, and innovation in multinational firms. *Strategic Management Journal*, 40(2): 277-302. <https://doi.org/10.1002/smj.2976>.

Bornmann, L. y Mutz, R. 2015. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66: 2215-2222.

Burgman, M.A., McBride, M., Ashton, R., Speirs-Bridge, A., Flander, L., Wintle, B., Fidler, F., Rumpff, L. y Twardy, C. 2011. Expert Status and Performance. *PLoS ONE*, 6(7), e22998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022998>.

Campi, M. y Nuvolari, A. 2021. Intellectual property rights and agricultural development: Evidence from a worldwide index of IPRs in agriculture (1961-2018). *Journal of Development Studies*, 57(4), 650-668.

Cattaneo, A., Sánchez, M.V., Torero, M. y Vos, R. 2021. Reducing food loss and waste: Five challenges for policy and research. *Food Policy*, 98: 101974.

Chai, Y., Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Huang, J., Lee, K. y Dong, W. 2019. Passing the food and agricultural R&D buck? The United States and China. *Food Policy*, 86: 101729.

Chavas, J.-P., Aliber, M. y Cox, T.L. 1997. An analysis of the source and nature of technical change: the case of US agriculture. *Review of Economics and Statistics*, 79(3): 482-492.

Chrysafi, A. et al. 2022. Quantifying Earth system interactions for sustainable food production via expert elicitation. *Nature Sustainability*, <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00940-6>.

Clancy, M.S. y Moschini, G. 2017. Intellectual property rights and the ascent of proprietary innovation in agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 9: 53-74.

REFERENCIAS

- Cole, Z.D., Donohoe, H.M. y Stellefson, M.L.** 2013. Internet-based Delphi research: Case based discussion. *Environmental Management*, 51(3): 511-523. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-0005-5>.
- Commission on Sustainable Agriculture Intensification (CoSAI).** 2021. Reorienting funding for research and innovation is an urgent step to transform agrifood systems. Policy Brief #1.
- CompassList.** Startups. [Consultado el 15 de febrero de 2022]. <https://www.compasslist.com/startups>.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD).** Technology and innovation report. <https://unctad.org/topic/science-technology-and-innovation/technology-innovation-report>.
- Cremades, A.** 2019. How Startup Accelerators Work. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/alejandrocremades/2019/01/10/how-startup-accelerators-work/>.
- Danneels, E.** 2004. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 21(4): 246-258. <https://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2004.00076.x>.
- de Haas, J.** 2021. Food System Game Changers Lab. Thought for Food. <https://thoughtforfood.org/gamechangerslab/>.
- Dehmer, S.P., Pardey, P.G., Beddow, J.M. y Chai, Y.** 2019. Reshuffling the global R&D deck, 1980-2050. *PLoS ONE* 14(3): e0213801.
- d'Odorico, P., Carr, J.A., Laio, F., Ridolfi, L. y Vandoni, S.** 2014. Feeding humanity through global food trade. *Earth's Future* 2(9): 458-69.
- Downs, S.M., Ahmed, S., Fanzo, J. y Herforth, A.** 2020. Food environment typology: advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets. *Foods*, 9(4), 532.
- Fanzo, J., Haddad, L., Schneider, K.R., Béné, C., Covic, N.M., Guarín, A., Herforth, A.W. et al.** 2021. Rigorous monitoring is necessary to guide food system transformation in the countdown to the 2030 global goals. *Food Policy*, 104: 102163.
- FAO.** 2019. *Proceedings of the International Symposium on Agricultural Innovation for Family Farmers - Unlocking the potential of agricultural innovation to achieve the Sustainable Development Goals*. Roma, FAO.
- FAO.** 2021. *Marco estratégico para 2022-2031*. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/cb7099es/cb7099es.pdf>.
- FAO.** 2022. *Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación*, 170.º período de sesiones del Consejo de la FAO, 13-17 de junio de 2022. Roma, FAO.
- Feed 9 B.** Asia's ecosystem platform promoting collaboration, innovation and sustainability to feed 9.8 billion people by 2050. [Consultado el 6 de febrero de 2022]. <https://feed9b.asia/>.
- Feinstein, J.** 2011. Optimal learning patterns for creativity generation in a field. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 101(3): 227-232.
- Fluxx Grantseeker.** Free Grants Management for Nonprofits. [Consultado el 4 de febrero de 2022]. <https://grantseeker.fluxx.io/>.
- FoodHack.** Global Community for Food Innovators. [Consultado el 5 de febrero de 2022]. <https://foodhack.global/database/investors>.
- Food Systems Dashboard.** 2020. Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN) and Johns Hopkins University. Ginebra (Suiza). DOI: <https://doi.org/10.36072/db>.
- Foro Económico Mundial.** Challenge List. Uplink. [Consultado el 8 de febrero de 2022]. https://uplink.weforum.org/uplink/s/uplink-issue/Uplink_Issue__c/00B2o0000A1qleEAL.
- Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N., Kolp, P., Strubegger, M., Valin, H., Amann, M. y Ermolieva, T.** 2017. The marker quantification of the shared socioeconomic pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42: 251-267.
- Fritz, S., See, L., Bayas, J. C. L., Waldner, F., Jacques, D., Becker-Reshef, I., Whitcraft, A., Baruth, B., Bonifacio, R., Crutchfield, J., Rembold, F., Rojas, O., Schucknecht, A., Van der Velde, M., Verdin, J., Wu, B., Yan, N., You, L., Gilliams, S. y McCallum, I.** 2019. A comparison of global agricultural monitoring systems and current gaps. *Agricultural Systems*, 168: 258-272. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.05.010>.
- Fukase, E. y Martin, W.** 2020. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*, 132: 104954.

Ganguly, A., Nilchiani, R. y Farr, J.V. 2010. Defining a set of metrics to evaluate the potential disruptiveness of a technology. *Engineering Management Journal*, 22(1): 34-44. <https://doi.org/10.1080/10429247.2010.11431851>.

Global Innovation Exchange. Results for Development. [Consultado el 9 de septiembre de 2022]. <https://r4d.org/resources/global-innovations-exchange-public-good-export/>.

Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GloPan). 2016. *Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century*. Londres.

Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GloPan). 2020. *Future food systems: For people, our planet, and prosperity*. Londres.

Glover, D. 2011. The system of rice intensification: time for an empirical turn. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(3-4): 217-224.

Goldman, S. VC Fund Database for Early-Stage Startups. [Consultado el 10 de enero de 2022]. <https://www.airtable.com/universe/expFo1yNQPWyhey5n/vc-funds-for-early-stage-startups>.

Gollin, D., Hansen, C.W. y Wingender, A.M. 2021. Two blades of grass: The impact of the green revolution. *Journal of Political Economy*, 129(8): 2344-2384.

Graff, G.D. y Pardey, P.G. 2020. Inventions and patenting in Africa: empirical trends from 1970 to 2010. *Journal of World Intellectual Property*, 23(1-2): 40-64.

Grupo Banco Mundial. 2019. *Future of Food: Harnessing Digital Technologies to Improve Food System Outcomes*. Banco Mundial, Washington, D.C.

Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (GANESAN). 2019. *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition*. Roma. <https://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>.

Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (GANESAN). 2020. *Seguridad alimentaria y nutrición: elaborar una descripción global de cara a 2030*. Roma.

Haddad, L., Hawkes, C., Waage, J., Webb, P., Godfray, C. y Toulmin, C. 2016. *Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century*. Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. Londres.

Hamilton, S.F., Richards, T.J. y Roe, B. 2022. Food waste: Farms, distributors, retailers, and households. En: C. B. Barrett y D.R. Just, coords. *Handbook of Agricultural Economics, volume 6*. Ámsterdam, Elsevier.

Hargrave, T. J. y van de Ven, A.H. 2006. A collective action model of institutional innovation. *Academy of Management Review*, 31(4): 864-888. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.22527458>.

Hasegawa, T. et al. 2018. Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8): 699-703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>.

Héder, M. 2017. From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 22(2): 3-23.

Hemming, V., Burgman, M.A., Hanea, A.M., McBride, M.F. y Wintle, B.C. 2017. A practical guide to structured expert elicitation using the IDEA protocol. *Methods in Ecology and Evolution*, 9 (1): 169-180. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12857>.

Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R., Hall, A., Lee, B., Nyborg, K. y Pradhan, P. 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1(5): 266-272.

Herrero, M., Thornton, P.K., D'Croz, D.M., Palmer, J., Bodirsky, B.L., Pradhan, P., Barrett, C.B., Benton, T.G., Hall, A., Pikaar, I., Bogard, I.J., Bonnet, G.D., Bryan, B.A., Campbell, B.M., Christensen, S., Clark, M., Fanzo, J., Godde, C.M. y Rockström, J. 2021. Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. *The Lancet Planetary Health* 5, no. 1: e50-e62.

Innovation Technology Cluster. Agrifood Cooperation Platform. Agrifood Digital Innovation Hub. [Consultado el 4 de febrero de 2022]. <https://mapping.dih-agrifood.com/>.

IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. coords. S. Díaz, J. Settele, E.S. Brondízio E.S., H.T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razaque, B. Reyers, R.R.Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis y C.N. Zayas. IPBES Secretariat, Bonn (Alemania). 56 págs. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.

REFERENCIAS

- IPCC.** 2019. Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. coords. P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J.P. Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi y J. Malley.
- Jelodar, H., Wang, Y., Rabbani, M. y Ayobi, S.** 2019. Natural Language Processing via LDA Topic Model in Recommendation Systems. arXiv preprint arXiv:1909.09551.
- Jones, J.W., Antle, J.M., Basso, B., Boote, K.J., Conant, R.T., Foster, I., Godfray, H.C.J., Herrero, M., Howitt, R.E., Janssen, S. y Keating, B.A.** 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*, 155: 269-288.
- Kanter, D.R., Musumba, M., Wood, S.L.R., Palm, C., Antle, J., Balvanera, P., Dale, V.H. et al.** 2018. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agricultural Systems*, 163: 73-88.
- Katz, M.L. y Shapiro, C.** 1986. Technology adoption in the presence of network externalities. *Journal of Political Economy*, 94(4): 822-841.
- Keating, B.A., Herrero, M., Carberry, P.S., Gardner, J. y Cole, M.B.** 2014. Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050. *Global Food Security*, 3(3-4): 125-132.
- King, A.A. y Baartogtokh, B.** 2015. How useful is the theory of disruptive innovation? *MIT Sloan Management Review*, 57(1): 77-90. <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>.
- Knol, A.B., Slottje, P., van der Sluijs, J.P. y Lebrecht, E.** 2010. The use of expert elicitation in environmental health impact assessment: A seven step procedure. *Environmental Health*, 9(1): 19. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-19>.
- Laborde, D., Porciello, J., Smaller, C., Murphy, S. y Parent, M.** 2020. Ceres 2030: Sustainable Solutions to End Hunger Summary Report.
- Lentz, E.C.** 2021. Food and agriculture systems foresight study: implications for gender, poverty, and nutrition. *Q Open* 1(1): q0aa003.
- Lerner, J.** 1995. Patenting in the shadow of competitors. *Journal of Law and Economics*, 38(2): 463-495.
- Liu, Z., Jiang, F., Hu, Y., Shi, C. y Fung, P.** 2021. NER-BERT: A Pre-trained Model for Low-Resource Entity Tagging. ArXiv:2112.00405 [Cs]. <http://arxiv.org/abs/2112.00405>.
- Liverpool-Tasie, L.S.O., Wineman, A., Young, S., Tambo, J., Vargas, C., Reardon, T., Adjognon, G.S., Porciello, J., Gathoni, N., Bizikova, L., Galiè, A. y Celestin, A.** 2020. A scoping review of market links between value chain actors and small-scale producers in developing regions. *Nature Sustainability*, 3(10): 799-808. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00621-2>
- Ludemann, C.I., Gruere, A., Heffer, P. y Dobermann, A.** 2022. Global data on fertilizer use by crop and by country. *Sci Data*, 9: 501. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01592-z>.
- Maïga, W.H.E., Porgo, M., Zahonogo, P., Amegnaglo, C.J., Coulibaly, D.A., Flynn, J., Seogo, W., Traoré, S., Kelly, J.A. y Chimwaza, G.** 2020. A systematic review of employment outcomes from youth skills training programmes in agriculture in low- and middle-income countries. *Nature Food*, 1(10), 605-619. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00172-x>.
- Markides, C.** 2006. Disruptive innovation: In need of better theory. *Journal of Product Innovation Management*, 23(1): 19-25. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00177.x>.
- Marsland, S.** 2015. *Machine Learning: An Algorithmic Perspective*, Second Edition. Chapman & Hall/CRC.
- Mason-D'Croz, D., Sulser, T.B., Wiebe, K., Rosegrant, M.W., Lower, S.K., Nin-Pratt, A., Willenbockel, D., Robinson, S., Zhu, T., Cenacchi, N. y Dunston, S.** 2019. Agricultural investments and hunger in Africa modeling potential contributions to SDG2—Zero Hunger. *World Development*, 116: 38-53.
- McBride, M.F., Garnett, S.T., Szabo, J.K., Burbidge, A.H., Butchart, S.H., Christidis, L., Dutton, G. et al.** 2012. Structured elicitation of expert judgments for threatened species assessment: A case study on a continental scale using Email. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5): 906-920. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00221.x>.
- Messerli, P., Murniningtyas, E., Eloundou-Enyegue, P., Foli, E.G., Furman, E., Glassman, A., Licona, G.H. et al.** 2019. Global sustainable development report 2019: the future is now—science for achieving sustainable development. Nueva York (Estados Unidos de América), ONU.

MIT. 2021. Implementing Sustainable Food Systems. SOLVE. <https://solve.mit.edu/challenges/sustainable-food-systems/solutions#challenge-subnav-offset>.

Morgan, M. 2014. Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111: 7176-7184.

Moser, P. 2021. coord. *Economics of Research and Innovation in Agriculture*. University of Chicago Press.

Murdoch, W.J., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Asl, R. y Yu, B. 2019. Interpretable machine learning: definitions, methods, and applications. arXiv preprint arXiv:1901.04592.

Naciones Unidas. United Nations Democracy Fund. [Consultado el 12 de febrero de 2022]. <http://projects.undemocracyfund.org/>.

NASA. 1991. Integrated Technology Plan for the Civil Space Program. https://www.lpi.usra.edu/lunar/strategies/NASALunarArchitecture/exp_tech_plan.pdf.

Nery, C. 2020. Crowdfunding platforms raised \$18.6 million for startups in Brazil last year. *Latin America Business Stories*. <https://labsnews.com/en/articles/technology/crowdfunding-platforms-startups-brazil/>.

North, D.C. 1991. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1): 97-112.

North, D.C. 2008. Institutions and the performance of economies over time. En: *Handbook of New Institutional Economics*, págs. 21-30. Berlín, Springer.

O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K. et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122: 387-400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Serie de informes sobre la ciencia de la UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/science/2021/es/report-series>.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Índice Mundial de Innovación. https://www.wipo.int/global_innovation_index/es/index.html.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). OECD Science, Technology and Innovation Outlook. <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm>.

Ortiz-Bobea, A., Ault, T.R., Carrillo, C.M., Chambers, R.G. y Lobell, D.B. 2021. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 11(4): 306-312.

Paap, J. y Katz, R. 2004. Anticipating Disruptive Innovation. *Research-Technology Management*, 47(5): 13-22. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671647>.

Page, S. 2008. *The Difference: The Difference. How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms*. Princeton University Press.

Parasuraman, A. 2000. Technology Readiness Index (Tri): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, 2(4): 307-320. <https://doi.org/10.1177/109467050024001>.

Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Beddow, J.M. y Dehmer, S.M. 2016a. InStEPP International Innovation Accounts: Research and Development Spending, version 3.5. Saint Paul (Estados Unidos de América).

Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Dehmer, S.P. y Beddow, S.M. 2016b. Agricultural R&D is on the move. *Nature*, 537(7620): 301-303.

Pardey, P.G., Alston, J.M., Chan-Kang, C., Hurley, T.M., Andrade, R.S., Dehmer, S.P., Lee, K. y Rao, X. 2018. The shifting structure of agricultural R&D: Worldwide investment patterns and payoffs. En: N. Kalaitzandonakes, E.G. Carayannis, E. Grigorioudis y S. Rozakis. *From Agriscience to Agribusiness*, Springer.

Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., Opazo, C.M., Owoo, N., Page, J.R., Prager, S.D. y Torero, M. 2020. A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10): 809-820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>.

Platteau, J.-P. 1994a. Behind the market stage where real societies exist-part I: The role of public and private order institutions. *Journal of Development Studies*, 30(3): 533-577.

Platteau, J.-P. 1994b. Behind the market stage where real societies exist-part II: The role of moral norms. *Journal of Development Studies* 30(4): 753-817.

REFERENCIAS

- Porciello, J., Ivanina, M., Islam, M., Einarson, S. y Hirsh, H.** 2020. Accelerating evidence-informed decision-making for the Sustainable Development Goals using machine learning. *Nature Machine Intelligence*, 2(10): 559-565. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00235-5>.
- Porciello, J. y Ivanina, M.** 2021a. The Role of Machine Learning in Programmatic Assessment: A Case Study from USAID's Center for Water Security, Sanitation, and Hygiene. USAID Research Technical Assistance Center (RTAC).
- Porciello, J., Ivanina, M., Bourne, T. y Lipper, L.** 2021b. Mining the Gaps: Using Machine Learning to Map a Million Data Points from Agricultural Research from the Global South. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/110705>.
- Ricciardi, V., Wane, A., Sidhu, B.S., Godde, C., Solomon, D., McCullough, E., Diekmann, F., Porciello, J., Jain, M., Randall, N. y Mehrabi, Z.** 2020. A scoping review of research funding for small-scale farmers in water scarce regions. *Nature Sustainability*, 3(10): 836-844. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00623-0>.
- Roblin, S.** 2017. How an Airline Tragedy Brought GPS to the Masses. *Vice*, 17 de abril de 2017. <https://www.vice.com/en/article/pg97km/how-an-airline-tragedy-brought-gps-to-the-masses-ronald-reagan>.
- Röder, M., Both, A. y Hinneburg, A.** 2015. Exploring the space of topic coherence measures. *Proceedings of the eighth ACM international conference on web search and data mining*, ACM.
- Rogers, E.M.** 1962. *Diffusion of innovations*. Nueva York (Estados Unidos de América): Simon & Schuster.
- Rosegrant, M.W. et al.** 2017. Quantitative foresight modeling to inform the CGIAR research portfolio. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/singleitem/collection/p15738coll2/id/131144>.
- Sain, G. et al.** 2017. Costs and benefits of climate-smart agriculture: The case of the Dry Corridor in Guatemala. *Agricultural Systems*, 151: 163-173.
- Sampson, R.C.** 2007. R&D alliances and firm performance: the Impact of technological diversity and alliance organization on innovation. *Academy of Management Journal*, 50(2): 364-386. <https://doi.org/10.2307/20159859>.
- Selinske, M., Fidler, F., Gordon, A., Garrard, G.E., Kusmanoff, A.M. y Bekessy, S.A.** 2020. We have a steak in it: Eliciting interventions to reduce beef consumption and its impact on biodiversity. *Conservation Letters*, 13(5): e12721. <https://doi.org/10.1111/conl.12721>.
- Shapiro, C.** 2001. Navigating the patent thicket: cross licenses, patent pools, and standard setting. En: A. Jaffe, J. Lerner y S. Stern, coords. *Innovation Policy and the Economy*, vol. 1. Cambridge (Estados Unidos de América), MIT Press.
- Sheahan, M. y Barrett C.B.** 2017. Ten striking facts about agricultural input use in sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 67: 12-25.
- Silva, W. de V.R. y Silva-Mann, R.** 2021. Precision Agriculture under a bibliometric view. *International Journal for Innovation Education and Research*, 9(11): 422-442. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol9.iss11.3533>.
- Soll, J.B. y Klayman, J.** 2004. Overconfidence in Interval Estimates. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2): 299-314. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.299>.
- Sott, M.K., Nascimento, L. da S., Foguesatto, C.R., Furstenuau, L.B., Faccin, K., Zawislak, P.A., Mellado, B., Kong, J.D. y Bragazzi, N.L.** 2021. A bibliometric network analysis of recent publications on digital agriculture to depict strategic themes and evolution structure. *Sensors*. Basilea (Suiza), 21(23): 7889. <https://doi.org/10.3390/s21237889>.
- Spiegel, O., Abbassi, P., Zylka, M.P., Schlagwein, D., Fischbach, K. y Schoder, D.** 2016. Business model development, founders' social capital and the success of early stage internet start-ups: A mixed-method study. *Information Systems Journal*, 26(5): 421-449. <https://doi.org/10.1111/ij.12073>.
- Speirs-Bridge, A., Fidler, F., McBride, M., Flander, L., Cumming, G. y Burgman, M.** 2010. Reducing overconfidence in the interval judgments of experts. *Risk Analysis*, 30(3): 512-523. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01337.x>.
- Stathers, T., Holcroft, D., Kitinaja, L., Mvumi, B.M., English, A., Omtilewa, O., Kocher, M., Ault, J. y Torero, M.** 2020. A scoping review of interventions for crop postharvest loss reduction in sub-Saharan Africa and South Asia. *Nature Sustainability*, 3(10): 821-835. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00622-1>.

Stoop, W.A., Uphoff, N. y Kassam, A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. *Agricultural Systems*, 71(3): 249-274.

Thornton, P.K., Whitbread, A., Baedeker, T., Cairns, J., Claessens, L., Baethgen, W., Bunn, C., Friedmann, M., Giller, K.E., Herrero, M. y Howden, M. 2018. A framework for priority-setting in climate smart agriculture research. *Agricultural Systems*, 167: 161-175.

Trutnevyte, E. et al. 2016. Reinvigorating the scenario technique to expand uncertainty consideration. *Climatic Change*, 135(3-4): 373-379. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1585-x>.

Tui, S. H.-K., Adekunle, S.A.A., Lundy, M., Tucker, J., Birachi, E.A., Schut, M., Klerkx, L. et al. 2013. What are innovation platforms? *Innovation Platforms Practice Brief*. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08a2840f0b652dd0005bc/Brief1.pdf>.

UNCTAD, Technology and Innovation Report. 2021. Catching technological waves. Nueva York (Estados Unidos de América).

UNESCO, Informe sobre la ciencia. 2012. The race against time for smarter development. Nueva York (Estados Unidos de América).

Upton, J., Constenla-Villoslada, S. y Barrett, C.B. *Caveat utilitor: A comparative assessment of resilience measurement approaches. Journal of Development Economics.* (En prensa).

Usher, A.P. 1929. *A History of Mechanical Inventions*. Nueva York (Estados Unidos de América), McGraw-Hill.

Valdivia, R.O., Antle, J.M. y Stoorvogel, J.J. 2017. Designing and evaluating sustainable development pathways for semi-subsistence crop-livestock systems: lessons from Kenya. *Agricultural Economics*, 48(S1): 11-26.

Valin, H., Sands, R.D., Van der Mensbrugge, D., Nelson, G.C., Ahammad, H., Blanc, E., Bodirsky, B., Fujimori, S., Hasegawa, T., Havlik, P. y Heyhoe, E. 2014. The future of food demand: understanding differences in global economic models. *Agricultural Economics*, 45(1): 51-67.

Van Meijl, H. et al. 2018. Comparing impacts of climate change and mitigation on global agriculture by 2050. *Environmental Research Letters*, 13(6): 064021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabdc4>.

Van Zanten, H.H.E, Van Ittersum, M.K. y De Boer, I.J.M. 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21: 18-22.

Vervoort, J.M. et al. 2014. Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change*, 28: 383-394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001>.

Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O. y Hassan, M. 2021. Science and Innovations for Food Systems Transformation and Summit Actions. Roma: Scientific Group for the UN Food System Summit.

Weitzman, M.L. 1998. Recombinant growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113(2): 331-360.

Wiebe, K., Zurek, M., Lord, S., Brzezina, N., Gabrielyan, G., Libertini, J., Loch, A., Thapa-Parajuli, R., Vervoort, J. y Westhoek, H. 2018. Scenario development and foresight analysis: exploring options to inform choices. *Annual Review of Environment and Resources*, 43: 545-570.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S.J., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., de Vries, W., Majele Sibanda, L. y Murray, C.J.L. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 6736(18): 3-49. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).

Yi, J., Meemken, E.-M., Mazariegos-Anastassiou, V., Liu, J., Kim, E., Gómez, M.I., Canning, P. y Barrett, C.B. 2021. Post-farmgate food value chains make up most of consumer food expenditures globally. *Nature Food*, 2(6): 417-425.

Yu, D. y Hang, C.C. 2010. A reflective review of disruptive innovation theory. *International Journal of Management Reviews*, 12(4): 435-452. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2009.00272.x>.

Zurek, M., Hebinck, A. y Selomane, O. 2021. Looking across diverse food system futures: Implications for climate change and the environment. *Q Open*, 1(1): qaaa001.

Zurek, M.B. y Henrichs, T. 2007. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8): 1282-1295. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005>.

2022

**PRESENTACIÓN DE
PERSPECTIVAS DE
LAS TECNOLOGÍAS
Y LA INNOVACION
EN LOS SISTEMAS
AGROALIMENTARIOS**

ISBN 978-92-5-137750-5



9 789251 377505

CC2506ES/1/03.23