

Dinámica interinstitucional para una tecnología apropiada en el norte argentino

Inter-Institutional Dynamics for Appropriate Technology in Northern Argentina

Germán E. Camprubí

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
german.camprubi@comunidad.unne.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0001-6813-7394>

César G. Veroli

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
gveroli@yahoo.com.ar

Julio C. Comparín

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
juliocomparin@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8789-0250>

José L. Basterra

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
jbasterra@ing.unne.edu.ar

Marcelo F. Larrea

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
mlarrea@unitan.net

<https://orcid.org/0000-0002-7026-6926>

Carlos H. A. García

Grupo Innova Mec AF, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina
adriangarcia_98@hotmail.com

Fecha de recepción: 23 de junio de 2022

Fecha de aprobación: 19 de septiembre de 2022

Fecha de publicación: 1 de marzo de 2023

El objetivo de este artículo es presentar una dinámica interactiva entre actores organizacionales heterogéneos para resolver la necesidad de mecanización de la remoción de malezas en el norte argentino. La estrategia metodológica aplicada fue el estudio de caso con una visión constructivista de la tecnología y, específicamente, con los enfoques de las tecnologías apropiadas (TA) y el modelo de la Cuádruple Hélice. Los conocimientos codificados de la ingeniería fueron una condición necesaria, pero insuficiente para la fabricación de una máquina en un periodo de 3 años.

El principal aporte consiste en presentar un producto híbrido como resultado de la interacción entre los productores, una pyme y la universidad en una red de proximidad a la que se sumó el Estado como ente financiador con funciones de auditor y regulador.

Una implicancia práctica es que la interinstitucionalidad estuvo aterrizada en las escalas individuales de sus representantes. A su vez, la dinámica relacional entre agentes individuales resultó un punto de palanca para los resultados tangibles e intangibles alcanzados en el territorio.

Palabras clave: malezas, interacción interinstitucional, tecnología situada, territorio

The objective of this article is to present an interactive dynamic between heterogeneous organizational actors to resolve the need for mechanization of weed removal in northern Argentina. The methodological strategy applied was single case study with a constructivist vision of technology and, specifically, with the approaches of Appropriate Technologies (AT) and the Quadruple Helix model. The codified knowledge of engineering was a necessary, but insufficient condition for the manufacture of a machine in a period of 3 years.

The main contribution consists of presenting a hybrid product as a result of the interaction between producers, an SME and the University in a proximity network to which the State joined as a financing entity with auditor and regulatory functions.

A practical implication is that the interinstitutionality was grounded in the individual scales of its representatives. In parallel, the relational dynamics between individual agents was a leverage point for the tangible and intangible results achieved in the territory.

Keywords: weeds, inter-institutional interaction, situated technology, territory

1. Introducción

«Tecnología» es un término polisémico y, en un sentido amplio, puede entenderse como una dinámica entre al menos 2 niveles: los artefactos (las herramientas, los instrumentos, las máquinas y los equipos, entre otros) y la interacción entre los actores que los desarrollan (las relaciones para compartir habilidades, métodos, procedimientos, rutinas, etc.). Muy probablemente, un ingeniero de producto o proceso vinculará el diseño y el cálculo de un artefacto o sistema productivo con su capacidad para resolver problemas tecnológicos. Por otra parte, un economista de la innovación diría que todo sistema tecnológico funciona interactuando solidariamente con otros sistemas, desplegando ventajas crecientes de adopción e incrementando sus niveles de compatibilidad con los usuarios o de adecuación entre oferta y demanda (Thomas *et al.*, 2019).

En el caso de tecnologías sociohistóricamente situadas en medios locales o regionales, estas requieren no solo de las definiciones en el plano artefactual, sino también de una adecuada selección de quiénes y cómo podrían concretarlas.

El modelo de la Cuádruple Hélice (Carayannis & Campbell, 2009), que se viene desarrollando desde hace más de una década, identifica a los agentes de los ecosistemas de innovación que interactúan en forma cooperativa para desarrollar mejores productos y servicios. Es un modelo en evolución que registra sus mayores contribuciones en el nivel macro (Miller *et al.*, 2017) y, por lo tanto, el aumento de la cantidad de estudios longitudinales y de casos en niveles micro harán posible una mayor comprensión de su complejidad (Wright, 2014). Por otra parte, es necesario contextualizar ese modelo en la realidad latinoamericana para determinar si es posible su aplicación generalizada.

El objetivo de este artículo es presentar una dinámica interactiva fundada en el modelo de la Cuádruple Hélice (4H) para alcanzar una solución tecnológica autóctona a la necesidad de mecanización de la remoción de malezas en el norte argentino. Este trabajo pretende sumar evidencia empírica a la 4H, analizando un caso único de dinámica interinstitucional para desarrollar una tecnología apropiada y situada en la ganadería del norte argentino. También procura una mejor comprensión del rol de la universidad como impulsora del desarrollo y la innovación en las regiones más rezagadas de un país latinoamericano. Por último, cabe indicar que la pregunta de investigación en este caso de estudio es: ¿cómo se desarrolla una tecnología apropiada para dar respuesta a una necesidad de mecanización detectada en un territorio?

2. Marco conceptual

El enfoque de las tecnologías apropiadas (TA) fue introducido inicialmente por E. F. Schumacher (1973) con una visión constructivista de la tecnología y está específicamente orientado al desarrollo de productos y a las ingenierías. Las TA generan «máquinas apropiadas», refiriéndose así a las diseñadas para beneficiar a las comunidades a las que van dirigidas y considerando sus adaptaciones al contexto comunitario en términos técnicos, económicos, ambientales y socioculturales, así como su sostenibilidad en el tiempo (Sorlini *et al.*, 2015). Las TA constituyen así una opción para materializar innovaciones tecnológicas de producto (particularmente, las de tipo incremental) en territorios subnacionales con menor desarrollo tecnológico.

En el caso de proyectos de máquinas apropiadas, el enfoque de las TA conlleva poner especial atención a 2 grandes aspectos (Muñiz, 2018): los técnicos, consistentes en definir y explicitar las especificaciones técnicas que la máquina ha de cumplir, contemplando función, dimensiones, movimientos, accionamiento, fuerzas y resistencia, entre otros aspectos; y los propios del contexto, que comprenden conocer, definir y explicitar las características del entorno que afectan al proyecto de diseño y desarrollo de la máquina, como los aspectos sociales, culturales, económicos, tecnológicos y de género, así como los recursos materiales y las capacidades e infraestructuras, entre otros aspectos territoriales.

Generalmente, las TA generan máquinas de mediana o pequeña escala, eficientes y replicables en forma modular, procurando condiciones que promuevan la fácil operación, el mantenimiento y la reparación, y la materialización con costos mínimos (Akubue, 2000). Bauer y Brown (2014) realizaron un análisis sobre ciertos indicadores de idoneidad de tecnologías apropiadas, teniendo en cuenta que los enfoques tradicionales de la ingeniería necesitan ampliarse con técnicas de diseño más flexibles, participación de los usuarios finales y colaboración multidisciplinar. Los 3 puntos críticos de los desarrollos convencionales de diseño de máquinas son: los usuarios finales no intervienen o bien lo hacen al final del desarrollo; no se analizan explícitamente las consideraciones sociales, culturales y de género en ninguna de sus etapas; y el enfoque predominante en los artefactos en sí, sin enfatizar la identificación de la necesidad, el problema y la solución, la transferencia de tecnología y los mecanismos de creación de capacidades en el contexto específico de su desarrollo (Murphy *et al.*, 2009). En paralelo, otros autores plantean tecnologías apropiadas con base en la modularidad y el diseño colaborativo (Morrise *et al.*, 2011), procurando llegar a un producto mínimo viable que resulte apto para el contexto específico en el que se va a aplicar.

El concepto de TA fluctúa así entre recetas concretas para países (o regionales subnacionales) en vías de desarrollo (Barbour, 1980) y una ideología de creciente participación en las decisiones científicas y tecnológicas para que incluyan cada vez más asuntos éticos y sociales relacionados con lo factible y lo deseable (Radder, 1992). Una tecnología resulta «apropiada», en el verdadero sentido de la palabra, cuando está desarrollada localmente, de preferencia con medios y equipos locales, en respuesta a necesidades locales (Bonsiepe, 1985) y con un gran énfasis en la sostenibilidad (Vega Encabo, 2004).

Por otra parte, la dinámica de la innovación tecnológica tiene un carácter relacional y el rol de las universidades ha sido explorado por distintas conceptualizaciones. En el camino evolutivo, desde el triángulo de Sábato (Sábato & Botana, 1968), la Triple Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995), la 4H (Carayannis & Campbell, 2009) hasta la Quintuple Hélice (Carayannis *et al.*, 2012), pueden encontrarse asociaciones con los sistemas nacionales (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Freeman, 1995; Edquist, 2004) y regionales (Cooke, 1992, 2004; Howells, 1999) de innovación. El foco está puesto en las vinculaciones bidireccionales entre los diferentes actores (sector de ciencia y tecnología, empresas y organizaciones sociales, y el Estado, entre otros) con una cada vez más fuerte impronta de la sustentabilidad, la preservación del medio ambiente y la atención de las necesidades sociales en sus propios contextos territoriales.

La Triple Hélice (3H) puede entenderse como el modelo de un sistema integrado por 3 esferas institucionales que, con sus estructuras y funciones autónomas en su

origen, establecen una relación de interdependencia recíproca. El sector privado tiene el rol preponderante de la aplicación del conocimiento en busca de rentabilidad y ventajas competitivas; la universidad está fundamentalmente orientada a la generación y gestión del conocimiento e innovación; y el Gobierno es responsable de regular, proteger y fomentar la producción científica y tecnológica, así como el desarrollo territorial. Así, los procesos de intercambio de información y retroalimentación entre las esferas institucionales van ocurriendo hasta estabilizar la incertidumbre en los niveles óptimos de las expectativas propias de los actores participantes.

El modelo de la 4H, por su parte, mantiene las 3 esferas institucionales de la 3H, pero además incorpora a los propios usuarios de las innovaciones tecnológicas. Ambos enfoques teóricos coinciden en cuanto al rol protagónico de la universidad y se desvían de la propuesta de los sistemas de innovación que pone al sector privado en el lugar central. Los modelos de las hélices también divergen del triángulo de Sábato, en el que se presenta al Estado con un rol preponderante en la interacción sinérgica entre la ciencia y la tecnología, las empresas y organizaciones sociales, y el Estado.

En la 4H, los usuarios y las comunidades aparecen también como agentes propositivos, superando el rol de meros receptores de los productos generados por la tríada universidad-Estado-empresa. Este modelo apunta a empoderar y conectar a todos los creadores de valor del ecosistema de innovación, con un enfoque centrado en la cooperación y en los procesos dinámicos de competencia, coevolución y coespecialización. La 4H implica una comprensión más amplia de la producción de conocimiento, procurando la integración de rasgos culturales, valores y estilos de vida (Carayannis & Rakhmatullin, 2014).

El impacto esperado de los intercambios es una hibridación entendida como la transformación recíproca de las hélices y sus núcleos institucionales, estructuras y funciones (Gutiérrez Ortega *et al.*, 2022).

3. Contexto territorial, problemas productivos e instituciones

3.1. Contexto territorial, instituciones y el problema del avance de las malezas en los predios ganaderos

3.1.1. Región del Norte Grande argentino

El problema de las asimetrías regionales de desarrollo en Argentina perdura desde hace décadas (Niembro *et al.*, 2016) y, recientemente, se ha popularizado la necesidad de incorporar a los niveles de innovación tecnológica como un factor explicativo de las desigualdades. La macrorregión del Norte Grande está conformada por 10 de los 24 distritos subnacionales argentinos (Catamarca, Chaco, Corrientes, Formosa, Jujuy, La Rioja, Misiones, Salta, Santiago del Estero y Tucumán) y presenta capacidades de progreso con marcado retraso respecto de otras macrorregiones geográficas (Niembro, 2020).

3.1.2. La ganadería en el Norte Grande argentino

Entre los aspectos más destacados de la ganadería puede mencionarse su contribución a la seguridad alimentaria debido a la variedad y calidad de los productos que proporciona,

como la carne y la leche (Latham, 2002). Si bien la ganadería es una actividad primaria que contribuye con la generación de ingresos y empleos, también provoca impactos negativos en el ambiente como la compactación del suelo, el detrimento de la biodiversidad, la deforestación, la contaminación de fuentes hídricas y la emisión de gases de efecto invernadero (Arciénaga Torres & Florez Delgado, 2018).

Entre los obstáculos a la producción ganadera se encuentra el avance de las malezas. Las denominaciones de «fachinal», «arbustal» o «renoval» usualmente designan a plantas leñosas arbustivas de baja altura (vinal, chañar, tusca y aromito, entre otras especies) que invaden predios productivos, principalmente ganaderos. Estas malezas leñosas sin valor forestal son generalmente parte de la vegetación nativa del Norte Grande e incrementan año a año su densidad y cobertura en relación con el forraje natural, avanzando sobre las superficies productivas. Habitualmente, los productores ganaderos complementan los herbicidas y el fuego con medios mecánicos como topadoras y rolos para contener su avance. Estas modalidades solo han aportado soluciones parciales ya que, en general, las malezas leñosas resultan resistentes al fuego y a las podas. Como consecuencia, año a año son necesarias mayores cantidades de herbicidas para controlar las mismas superficies productivas.

Una solución a este problema consistiría en la remoción mecánica de las raíces de las malezas, aplicando una máquina descalzadora en los predios ganaderos.

3.1.3. Ganaderos de mediana y baja escala en el Chaco

El algodón es aún uno de los cultivos tradicionales en la provincia del Chaco; sin embargo, gran parte de los productores que se dedicaban a su cultivo dejaron esa actividad ante el avance sostenido de ciertas plagas y, particularmente en la agricultura de base familiar, hubo un giro hacia la ganadería tanto de vacunos como de ganado menor.

Los ganaderos de mediana y baja escala del oeste chaqueño (zonas rurales de las localidades de General Pinedo y Las Breñas) son, sobre todo, productores mixtos de base familiar orientados al autoconsumo y a la comercialización de los excedentes. Parte de estos productores se encuentran, a su vez, agrupados en asociaciones civiles con el objetivo de resolver sus problemas cotidianos mediante las negociaciones, los acuerdos, la colaboración y la interacción con otros actores territoriales.

3.2. Instituciones participantes

3.2.1. Pyme metalmecánica

Agro Seri SRL es una empresa metalmecánica con instalaciones industriales en la localidad de General Pinedo, al oeste de la provincia del Chaco. Se trata de una pyme familiar de tercera generación dedicada a la producción de maquinaria, equipos e implementos agrícolas. Sus inicios se remontan a un inmigrante italiano que llegó a Argentina en 1920 para dedicarse a la fabricación metalmecánica junto con sus 2 hijos y se radicó en la provincia de Córdoba. En 1997, uno de ellos continuó con el negocio familiar en la provincia

de Chaco y, actualmente, un nieto del pionero ya se encuentra al frente de esta pyme, ubicada en el norte argentino.

Agro Seri SRL está posicionada como una empresa líder en la fabricación de máquinas para la actividad agrícola en la región y opera en su sector industrial, aplicando tanto estrategias de sobrevivencia como de innovación. En general, las primeras han estado orientadas a la rentabilidad de corto plazo y a la satisfacción de las necesidades del día a día empresarial. Específicamente, las estrategias de innovación han tenido una mirada más sistémica, asumiendo también la necesidad de desarrollar nuevas capacidades empresariales. Entre los antecedentes de innovación en esta pyme sobresale la primera trituradora de paja producida en el mercado argentino, que data de cuando la empresa operaba en la provincia de Córdoba. Estas estrategias se han aplicado en forma deliberada, procurando neutralizar las amenazas del entorno micro y macroeconómico con visiones de mediano y largo plazo.

Esta pyme está integrada por 2 socios propietarios (padre e hijo), 2 empleados en administración y ventas, y 8 en el área de producción.

3.2.2. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste

La Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) es una institución pública que cumple con sus funciones académicas desde 1956. Actualmente, la UNNE, conocida también como la Universidad del Sol, cuenta con 11 facultades y 6 institutos de investigación distribuidos entre las provincias de Chaco y Corrientes, que forman parte del Norte Grande.

La Universidad de Sol es la única de Argentina con alcance regional, ya que tiene sedes en la provincia del Chaco (con una población que representa el 2,63 % de la nacional), con una superficie de 99 633 km²; y en la provincia de Corrientes (que tiene el 2,48% de la población del país), que ocupa una superficie de 88 199 km².

La Facultad de Ingeniería de la UNNE (FI-UNNE), con sede en Resistencia, capital de la provincia del Chaco, ofrece 3 titulaciones de grado: Civil, Mecánica y Electromecánica. Entre sus grupos de investigación se encuentra Innova MecAF, que está orientado al estudio y la caracterización de las demandas de mecanización entre productores agropecuarios de mediana y baja escala.

Por último, hay que señalar que la distancia aproximada entre la ciudad de Resistencia y el área del oeste chaqueño donde están las localidades de General Pinedo y Las Breñas es de 260 kilómetros.

3.2.3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria con sede Las Breñas

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) forma parte del sector científico y tecnológico estatal argentino. Es una institución pública descentralizada con autarquía administrativa y financiera que se encuentra bajo la órbita del Ministerio de Agricultura y Pesca.

Las actividades de este organismo en el territorio argentino se focalizan en el desarrollo del sector agropecuario, agroalimentario y agroindustrial mediante la transferencia, extensión, integración e innovación tecnológica. Existe una sede central con una multiplicidad de centros regionales, estaciones experimentales, unidades de extensión,

centros e institutos de investigación distribuidos en todo el territorio nacional. El agregado de valor de la producción en su lugar de origen es uno de los lemas de la institución, que procura dar impulso al trabajo interinstitucional, las cooperativas, los clústeres y los parques agroindustriales para el desarrollo regional.

La sede de INTA situada en la localidad de Las Breñas (INTA-LB) comenzó a funcionar en 1935 y sus actividades están fundamentalmente orientadas a la extensión, con especial enfoque en los productores primarios de mediana y baja escala. Cabe precisar que la distancia aproximada entre los núcleos urbanos de las localidades de General Pinedo y Las Breñas es, aproximadamente, de 50 kilómetros.

3.2.4. Consejo Federal de Ciencia y Tecnología

El Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (Cofecyt) es una de las piezas claves del sistema nacional de innovación argentino y administra una serie de programas para fomentar emprendimientos interinstitucionales y procesos de transferencia tecnológica en el territorio nacional. Diversas acciones de federalización de la ciencia, la tecnología y la innovación promueven la vinculación entre los sectores científicos y productivos.

El programa del Cofecyt denominado Proyectos Federales de Innovación - Eslabonamientos Productivos es una fuente de subvención estatal para proyectos que propongan mayor competitividad en diferentes sectores productivos subnacionales. Entre sus prioridades están las propuestas surgidas de la identificación de demandas territoriales de innovación tecnológica cuya satisfacción involucra la articulación entre actores del sistema productivo y del científico-tecnológico.

La distancia aproximada entre la ciudad de Resistencia y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde está la sede Cofecyt, es de aproximadamente 1000 kilómetros.

4. Metodología

Los hechos sociales complejos como los que ocurren en las dinámicas de desarrollo son difícilmente abordables con enfoques experimentales cuantitativos (Yin, 1994), más aún en el caso de desarrollos tecnológicos en distritos subnacionales rezagados. Tomando en consideración la problemática de las malezas en su contexto territorial, se optó por el abordaje cualitativo de carácter descriptivo e interpretativo de un caso único de investigación (Gaya & Smith, 2016). Esta estrategia permitió analizar el desarrollo de una máquina descalzadora de malezas como una realidad compleja y procesual, contemporánea y con acontecimientos que no ocurrieron en laboratorios universitarios, sino en la vida social e institucional.

El nivel de análisis fue organizacional, teniendo como unidades de análisis a las personas de las instituciones participantes en el proceso de construcción del artefacto tecnológico con foco en sus relacionamientos y sus participaciones operacionales. Durante un periodo de 3 años, las fuentes de datos empíricos fueron la observación participante del coordinador del emprendimiento interinstitucional, 4 entrevistas en profundidad (a participantes de UNNE, pyme, INTA y Estado), los prototipos virtuales y físicos de la máquina, y los documentos asociados con el desarrollo (proyecto integral presentado a

Cofecyt, convenio de subvención, notas y actas de trabajo, informes técnico-económicos parciales y final).

5. Resultados

Distintos grupos de productores del oeste chaqueño dedicados a la ganadería extensiva pusieron en evidencia ante el INTA-LB, y también ante Agro Seri SRL, la necesidad de lograr la remoción mecánica de las raíces de las malezas sin generar mayores alteraciones en la cobertura del suelo. El frecuente contacto de los profesionales del INTA con el trabajo cotidiano de los productores constituyó una de las claves para poner en foco el problema del avance de las malezas en los predios ganaderos.

Posteriormente, un grupo de investigadores de la UNNE se sumó a esta red de actores territoriales como el catalizador de un proceso interinstitucional, aportando no solo conocimiento codificado, sino también la coordinación de las actividades orientadas a la solución del problema. Una vez captado un subsidio estatal destinado a la fabricación del prototipo físico de la máquina para la remoción mecánica de las malezas, se puso en marcha un emprendimiento cooperativo interinstitucional que articuló en el territorio a la UNNE, el INTA y la pyme Agro Seri SRL, con la participación del Estado como ente financiador.

Teniendo en cuenta la tangibilidad de los resultados derivados de un trabajo de 3 años en la red de actores, seguidamente se comenta tanto la máquina fabricada para dar solución al avance de las malezas como la dinámica interactiva con la que se fue construyendo.

5.1. Objeto tecnológico

Desde Agro Seri SRL surgieron las primeras ideas de una máquina, que fueron llevadas a representaciones computacionales en 2D y 3D. Después de un proceso que se inició con la generación de distintos prototipos virtuales formulados por los docentes investigadores y la elaboración de la documentación técnica asociada, se avanzó con la construcción y validación del prototipo físico en el terreno hasta llegar a la definición de un modelo precompetitivo.

La descalzadora de malezas consta de un cincel de labranza (comúnmente utilizados en la agricultura de la zona) sobre el que se montan rejas metálicas accesorias con timones y discos de siembra convencionales. Los discos permiten generar un corte previo del suelo para facilitar que la reja se entierre entre 50 y 100 mm, siendo arrastrada para provocar la remoción de las raíces de las malezas sin generar mayores alteraciones en la cobertura. Estas rejas afiladas se vinculan al cuerpo del cincel mediante bulones y grampas, siendo posible su posterior remoción de manera sencilla. El ancho de corte depende del área de trabajo del chasis del cincel y la cantidad de rejas que se instalen en el mismo. Cada reja instalada en un cuerpo de cincel demanda, aproximadamente, una potencia de 8 HP; mientras que un chasis constituido por 9 cuerpos necesita de la tracción de un tractor de 70/75 HP, consumiendo un aproximado de 12 l/hora de gasoil.

Es importante añadir que alrededor de un 70 % de esta máquina estuvo constituida por partes manufacturadas en la pyme metalmecánica de acuerdo con los planos de detalle resultantes de la dinámica interinstitucional.

Esta descalzadora de malezas puede caracterizarse como una innovación incremental de producto. Constituye una tecnología apropiada expresada en un artefacto que, aunque regionalmente novedoso, no se desvía demasiado de los esquemas mentales y las prácticas de sus beneficiarios finales.

Tanto en la sucesión de los prototipos virtuales como en las modificaciones derivadas de la validación a campo, la máquina tuvo cambios orientados al éxito en la adopción de parte de los productores. Los cálculos, las simulaciones computacionales, los debates e intercambios, así como los ajustes en los planos de manufactura, siguieron secuencias no lineales hasta estabilizarse en acuerdos finales.

Las ventas de la descalzadora tendrán 2 grandes segmentos objetivos: los productores capitalizados y los intermedios. Los del primer grupo tienen un perfil adecuado para las compras individuales, mientras que los ganaderos intermedios podrán asociarse para adquirir una máquina u obtener subsidios estatales gestionados desde asociaciones de productores.

5.2. Los actores y sus relaciones y roles en el territorio

Los actores territoriales con diferentes representaciones institucionales que participaron en el desarrollo se presentan resumidamente en la tabla 1.

Tabla 1. Relacionamiento entre actores

Actores	Relaciones
Agro Seri SRL Ubicación: General Pinedo (localidad del oeste chaqueño)	Los dueños-empresarios de la pyme Agro Seri SRL mantienen vínculos con otras empresas de su misma industria dentro del territorio, además de proveedores y clientes, pero también —en forma más amplia— con la sociedad civil y organizaciones del ámbito científico y tecnológico. Predominan las relaciones de tipo informal
INTA-LB Ubicación: Las Breñas (localidad del oeste chaqueño)	Los profesionales de INTA-LB tienen frecuente contacto con los productores ganaderos de mediana y baja escala en el oeste chaqueño Trabajan con asociaciones de productores, empresas, cooperativas, sectores gubernamentales y educativos en el territorio y, además, forman una red con sus colegas institucionales en otros territorios subnacionales Establecen relaciones tanto de tipo formal como informal con productores ganaderos (capitalizados, intermedios y de subsistencia) y otros actores institucionales que se encuentran en la región
UNNE-Grupo Innova Mec AF Ubicación: Resistencia (ciudad capital de la provincia en el sur del territorio chaqueño)	Este grupo, caracterizado por el conocimiento codificado, está enfocado en la detección de necesidades de mecanización entre productores agropecuarios de mediana y baja escala en el norte argentino. En esa búsqueda, se iniciaron las relaciones interinstitucionales con representantes de INTA-LB y con Agro Seri SRL Este grupo de universitarios mantiene vínculos con fuentes de subsidios estatales para la fabricación de prototipos físicos de máquinas Predominan los relacionamientos de tipo formal

<p>Cofecyt Ubicación: Ciudad Autónoma de Buenos Aires (fuera del territorio chaqueño y situada a 1000 kilómetros de Resistencia)</p>	<p>Esta organización del Estado realiza convocatorias anuales de carácter nacional para proyectos de innovación tecnológica. Predomina la modalidad 70-30 con un subsidio estatal del 70 % del monto total del proyecto y con un aporte del 30 % restante por parte del sector privado</p>
---	--

Fuente: elaboración propia.

Las relaciones previas entre los actores con diferentes representaciones organizacionales en el oeste del territorio provincial constituyeron un pilar en la caracterización del problema de las malezas y la búsqueda de una solución. La posterior integración de los docentes universitarios como miembros externos de esa red propició el entrecruzamiento de capacidades complementarias entre actores provenientes de culturas organizacionales diferentes, aun en el mismo territorio subnacional. Así, una serie de intercambios presenciales y virtuales fueron consolidando vínculos de cooperación con el fin común de resolver el problema de las malezas.

Por otro lado, la necesidad de financiamiento para concretar la solución marcó la incorporación de un actor extraterritorial con el que se establecieron lazos verticales de tipo eminentemente formal.

La dinámica establecida entre los actores institucionales en el proceso de generación y fabricación del artefacto tecnológico puede encuadrarse en el enfoque de la 4H. En ese proceso, la pyme y, fundamentalmente, el INTA asumieron la representación de los productores ganaderos en el desarrollo de una tecnología apropiada.

En suma, los intercambios entre las partes permitieron alcanzar los distintos hitos en el desarrollo de la descalzadora de malezas. En la siguiente tabla se presenta sintéticamente el grado de participación de los actores involucrados en la construcción del prototipo físico.

Tabla 2. Participación de los actores en diferentes etapas del proyecto

Actores	De-Ne	Prob. Sol.	\$	Ejec.	Valid.	Rend.	Difu.
Pyme metalmecánica	√√√	√√	√√√	√√√	√√√	√√√	√√√
INTA-LB	√√√	√√√	√√	√√	√√√	NA	√√√
UNNE Grupo Innova Mec AF	√	√√	√√√	√√√	√√√	√√	√
Cofecyt	NA	NA	√√√	√	√	√√√	NA

De-Ne: detección de la necesidad de mecanización.

Prob. Sol.: caracterización del problema y su solución.

\$: gestión de la subvención estatal.

Ejec.: ejecución del proyecto subvencionado.

Valid.: validación a campo del prototipo.

Rend.: rendición de fondos.

Difu.: difusión de la máquina.

√√√: alto grado de participación.

√√: grado de participación intermedio.

√: bajo grado de participación.

NA: no aplica.

Fuente: elaboración propia.

La detección del problema fue realizada tanto por los profesionales del INTA como por los empresarios pyme. Posteriormente, los docentes universitarios —en contacto con los primeros— avanzaron en el análisis del binomio problema-solución. En la propuesta de la máquina para la solución, la UNNE ofreció su aporte de conocimiento codificado integrando las propuestas de las partes en un prototipo virtual que fue sometido a simulaciones computacionales. Con la definición de este prototipo pudo avanzarse en el cómputo y presupuesto de sus partes y componentes, distinguiendo las manufacturas metalmeccánicas de las piezas que solo necesitan ser adquiridas y ensambladas.

En ese análisis del binomio problema-solución, el aporte del INTA fue clave al considerar los impactos negativos de la ganadería en el ambiente. En el equilibrio agroecológico, una remoción mecánica de las malezas solo aportaría otra solución cortoplacista si no se constituye desde su primer momento en la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) para la producción ganadera. Los SSP son esquemas productivos que combinan árboles, plantas forrajeras, arbustos y carga animal, y que resultan aptos para la nutrición de los animales.

El presupuesto asociado con el prototipo virtual constituyó la base para la gestión del financiamiento. La obtención del subsidio estatal obró como una bisagra en la dinámica interinstitucional porque originó una consecuente afinación en la definición de los roles, las responsabilidades y los cronogramas, dando lugar a un emprendimiento cooperativo interinstitucional de carácter autoorganizado. La planificación de una secuencia de nodos de control asociados con la construcción del prototipo físico resultó ser una tarea compleja a cargo de los actores universitarios, constituyendo un desafío alejado de las tradiciones ortodoxas del nivel educativo superior. Asimismo, los detalles del plan de trabajo aprobado por el Cofecyt fueron formalizados en un contrato firmado entre las partes.

Una vez adjudicado el subsidio estatal del Cofecyt y realizadas las compras previstas, se comenzó a construir un prototipo físico en las instalaciones industriales de la pyme, tomando como base los planos generales y de detalle obtenidos del prototipado virtual. Finalizada su construcción, se inició la etapa de validación en campo, donde se sumó un grupo de productores de la zona. En el terreno pudieron observarse los puntos débiles de la máquina y, como consecuencia, se introdujeron ciertas modificaciones en el taller de la pyme hasta alcanzar la definición del prototipo físico precompetitivo. Luego, tras la utilización del subsidio estatal en la compra de materiales e insumos, se realizó la rendición de los comprobantes y la presentación de los informes técnicos finales, siguiendo la modalidad y las formalidades del Cofecyt.

Es importante resaltar que la universidad jugó roles clave en la congregación de los actores, la combinación de los conocimientos tácitos y codificados, la formulación del proyecto para conseguir el subsidio estatal y la coordinación del plan de trabajo desde que se captaron los fondos estatales. El INTA asumió la preponderancia de la consideración de las necesidades de los usuarios finales referidas a sus escalas de producción y también a las características distintivas de sus formas de trabajo. La pyme metalmeccánica, a su vez, fue fundamental en la fabricación de la descalzadora de malezas y en la planificación del escalamiento comercial. Así, la complementación de los actores se produjo sin dominios excluyentes y dando lugar a los liderazgos alternativos.

La propiedad industrial de la máquina fue resuelta mediante la gestión de un modelo de utilidad que pertenece a la pyme. La empresa se hizo cargo del trámite hasta llegar a obtener el registro. Esta forma de resolver los derechos intelectuales respondió a la obligación de la parte privada de hacerse cargo de los recursos necesarios para el escalamiento comercial, con sus consecuentes etapas de promoción, comercialización y logística de ventas. En este sentido, la UNNE y el INTA participaron en el desarrollo, priorizando el proceso de transferencia como una experiencia piloto que sirve como antecedente para futuras intervenciones.

Actualmente, Agro Seri SRL se prepara para realizar la primera producción industrial con los planos generales y considerando los detalles definitivos. El potencial escalamiento comercial de la máquina resolverá un vacío en la oferta de este tipo de equipamiento mecánico para productores ganaderos de mediana y baja escala en todo el Norte Grande. En paralelo, el INTA tendrá por delante un rol fundamental en la adopción y el uso extendido de la máquina para insertarla en predios ganaderos que funcionen como sistemas silvopastoriles.

6. Conclusiones

Este estudio de caso nos lleva a concluir que el objeto tecnológico construido para dar respuesta al avance de las malezas puso en el centro de la escena a la alianza interinstitucional conformada. De esa manera, el resultado tangible de una máquina de arrastre para el corte mecánico de las malezas con labranza mínima pasó a un segundo plano.

Como docentes de una Facultad de Ingeniería, asumimos desde el abordaje *ex ante* que las necesidades de los productores podían interpretarse de mejor manera con una combinación de marcos teóricos. Esa combinación resultó ser un aporte original no solo en el Norte Grande, sino en todo el territorio argentino. Las tecnologías apropiadas sirvieron para definir «qué» y «para quiénes», mientras que la 4H fue útil para proyectar «cómo» concretarlas y, fundamentalmente, para reflexionar «con quiénes». Teniendo en cuenta los resultados *ex post*, el conocimiento ingenieril constituyó una condición necesaria, pero insuficiente para el desarrollo de la máquina en el periodo de 3 años (Muñiz, 2018).

Por otro lado, el análisis de caso mostró a la 4H como una modalidad apta para concretar una tecnología apropiada. Una implicancia práctica es que la interinstitucionalidad estuvo aterrizada en las escalas individuales de sus representantes. Antes que instituciones emplazadas territorialmente, se trató específicamente de personas individualizadas de acuerdo con quiénes son y lo que saben hacer en sus esferas organizacionales. Solamente el Estado tuvo un matiz impersonal en el entramado de actores, que se materializó con comunicaciones telefónicas y electrónicas a cargo de interlocutores rotativos. En ese mismo sentido, antes que hablar de territorio o distrito subnacional, adquirió más relevancia la dinámica de las relaciones ya establecidas entre quienes viven en esa región. El territorio no solo fue el soporte físico, sino sobre todo un entramado de relaciones económicas, políticas, sociales y culturales. Ese entramado de personas específicas en redes de proximidad fue el punto de palanca para concretar la tecnología apropiada.

También entendemos que el proceso de hibridación (Carayannis & Campbell, 2009; Gutiérrez Ortega *et al.*, 2022) se cumplió entre los representantes institucionales con mayor proximidad geográfica porque el Estado solo apareció en un rol que, aunque clave, fue más distante con sus funciones de auditor y regulador. La intervención en el territorio no fue el resultado de una transferencia directa desde la universidad, sino que se trató de un producto híbrido resultante del intercambio y la cooperación. Quedó superado así el concepto reduccionista del traslado de una máquina desde un emisor a un receptor porque se fue construyendo una solución autóctona a un problema situado cultural y geográficamente.

Consideramos adecuado destacar que la irrupción de la universidad estuvo originada por los propios docentes investigadores de la Facultad de Ingeniería y no se trató una iniciativa propiciada desde las instancias jerárquicas universitarias. Solo los documentos para formalizar los vínculos entre las partes se realizaron con la participación facilitadora de los funcionarios de esas jerarquías. Recordemos que el riesgo de las inquietudes personales exitosas de tipo *bottom-up* es que queden aisladas y que corran el peligro de extinguirse con el paso del tiempo.

Siguiendo con la universidad, los resultados mostraron que no hubo un predominio del liderazgo de sus docentes investigadores en las diferentes etapas del proceso; sin embargo, ponemos el foco en la singularidad del rol dinamizador para despertar la energía latente del capital humano en el territorio, propiciando los entrecruzamientos intra y extraterritoriales. Ese rasgo distintivo adheriría a la preponderancia de la universidad en el modelo de la 4H (Carayannis & Campbell, 2009).

Los resultados deben ser interpretados con precaución, asumiendo las limitaciones del estudio de un caso único en cuanto a los alcances de la generalización. Sería recomendable avanzar con la casuística en la misma región del Norte Grande e incluso en otros territorios latinoamericanos con niveles de desarrollo tecnológico semejantes. No obstante, consideramos que la respuesta a la pregunta de investigación contribuye a desmontar la «caja negra» de la implementación de tecnologías situadas mediante dinámicas interinstitucionales. Es decir, la explicitación de este tipo de procesos podría redefinir ciertas agendas regionales próximas a las conceptualizaciones exógenas al territorio.

También nos resulta oportuno mencionar que dentro de las limitaciones están las referidas a los alcances y las profundidades de las participaciones en el proceso de desarrollo tecnológico. Existirán mejores y más adecuadas intervenciones y representaciones de los actores en el marco de las 4H, pero consideramos que en nuestro caso reflejaron un balance de los recursos humanos, el dinero y el tiempo disponibles entre agentes con dispersiones geográficas y de actividades. Hay que tener en cuenta que el tiempo aplicado en la formulación, gestión y administración de la transferencia constituyó uno de los factores más críticos porque la extensión de los plazos de ejecución genera el riesgo de la pérdida de interés de las partes.

La complejidad y la naturaleza multivariante de las tecnologías y sus modalidades de transferencia abren un gran abanico de opciones para futuras investigaciones. Por ejemplo, sería interesante analizar la combinación de las tecnologías apropiadas y la 4H

en otros sectores industriales, e incluso fuera de la escala de las pyme. Por otra parte, las conclusiones de nuestro único caso de estudio podrían verse reforzadas o refutadas con dinámicas interinstitucionales relacionadas con máquinas de mayor novedad tecnológica.

bibliografía

- Akubue, A.**
2000 Appropriate technology for socioeconomic development in Third-World countries. *The Journal of Technology Studies: An E-Journal*, 26(1), 33-43.
- Arciénaga Torres, S. P., & Florez Delgado, D. F.**
2018 Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-110.
- Barbour, I. G.**
1980 *Technology, Environment and Human Values*. Nueva York: Praeger.
- Bauer, A. M., & Brown, A.**
2014 Quantitative Assessment of Appropriate Technology. *Procedia Engineering*, 78, 345-358.
- Bonsiepe, G.**
1985 *El diseño de la periferia*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Carayannis E. G., & Campbell D. F.**
2009 "Mode 3" and "Quadruple Helix": toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), 201-234.
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F.**
2012 The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 1-12.
- Carayannis, E., & Rakhmatullin, R.**
2014 The Quadruple/Quintuple Innovation Helixes and Smart Specialisation Strategies for Sustainable and Inclusive Growth in Europe and Beyond. *Journal of the Knowledge Economy*, 5(2), 212-239.
- Cooke, P.**
1992 Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum*, 23(2), 365-382.
- Cooke, P.**
2004 Introduction: regional innovation systems – an evolutionary approach. En P. Cooke, M. Heidenreich y H. Braczyk (eds), *Regional Innovation Systems* (2.ª ed.; pp. 2-24). Londres: Routledge.
- Edquist, C.**
2004 Systems of innovation: perspectives and challenges. En J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 182-206). Oxford: Oxford University Press.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L.**
1995 The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1), 11-19.
- Freeman, C.**
1995 The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.
- Gaya, H. J., & Smith, E. E.**
2016 Developing a Qualitative Single Case Study in the Strategic Management Realm: An Appropriate Research Design? *International Journal of Business Management and Economic Research*, 7(2), 529-538.

bibliografía

- Gutiérrez Ortega, A., Mungaray Lagarda, A., & Osorio Novela, G.**
 2022 Midiendo la incertidumbre en sistemas de innovación de Triple Hélice. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la Empresa*, 33(1), 310-325.
- Howells, J.**
 1999 Regional Systems of Innovation? En D. Archibugi, J. Howells y J. Michie (eds.), *Innovation Systems in a Global Economy* (pp. 67-93). Cambridge: Cambridge University Press.
- Latham, M.**
 2002 *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Colección FAO Alimentación y Nutrición N.º 29. FAO.
- Lundvall, B.-A.**
 1992 *National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter.
- Miller, K., McAdam, R., & McAdam, M.**
 2017 A systematic literature review of university technology transfer from a quadruple helix perspective: Toward a research agenda. *R&D Management*, 48(1), 7-24.
- Morrise, J., Lewis, P. K., Mattson, C. A., & Magleby, S. P.**
 2011 A method for designing collaborative products with application to poverty alleviation. En *ASME International Design Engineering Technical Conferences* (pp. 435-444). Washington: ASME.
- Muñiz, R.**
 2018 Las tecnologías apropiadas ¿un cambio de paradigma o una utopía? *Tekhné*, 21(1), 78-87.
- Murphy, H. M., McBean, E. A., & Farahbakhsh, K.**
 2009 Appropriate technology – A comprehensive approach for water and sanitation in the developing world. *Technology in Society*, 31(2), 158-167.
- Nelson, R.**
 1993 *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Niembro, A., Dondo, M., & Civitaresi, H.**
 2016 La manifestación territorial de las desigualdades socioeconómicas en Argentina: Del diagnóstico a las políticas públicas. *Población & Sociedad*, 23(1), 43-87.
- Niembro, A.**
 2020 Las disparidades entre los sistemas regionales de innovación en Argentina durante el período 2003-2013. *Economía, Sociedad y Territorio*, 20(62), 781-816.
- Radder, H.**
 1992 Normative reflexions on constructivist approaches to science and technology. *Social Studies of Science*, 22(1), 141-173.
- Sabato, J., & Botana, N.**
 1968 La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, (3), 15-36.
- Schumacher, E. F.**
 1973 *Lo pequeño es hermoso: Economía como si la gente importara*. Londres: Harping.

bibliografía

Sorlini, S., Rondi, L., Gomez, A. P., & Collivignarelli, C.

- 2015 Appropriate technologies for drinking water treatment in Mediterranean countries. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(7), 1721-1733.

Thomas, H., Becerra, L., & Bidinost, A.

- 2019 ¿Cómo funcionan las tecnologías? Alianzas socio-técnicas y procesos de construcción de funcionamiento en el análisis histórico. *Pasado Abierto*, 5(10), 127-158.

Vega Encabo, J.

- 2004 Traslación y adaptación de técnicas. Tecnologías apropiadas y procesos de transferencia. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1(3), 51-71.

Wright, M.

- 2014 Academic entrepreneurship, technology transfer and society: where next? *Journal of Technology Transfer*, 39(3), 322-334.

Yin, R.

- 1994 *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks: Sage Publications.