

Ingeniería agronómica para una infraestructura de almacenamiento plástica. El proceso de laboratización y difusión del silo-bolsa para granos secos

Juan Arrarás*

Resumen

El presente artículo describe y analiza la trayectoria inicial de una innovación argentina: el silo-bolsa para granos secos. Haciendo principal énfasis en el accionar de un conjunto de ingenieros –en su mayoría agrónomos– que fueron vitales en la fabricación y difusión de esta tecnología local, en las siguientes páginas se abordan asimismo los espacios, coyunturas y actores que convergieron en su creación y despliegue entre finales de siglo XX e inicios del tercer milenio.

La reconstrucción de este proceso a partir del cual estos artefactos comenzaron a ubicarse como una infraestructura de almacenamiento medular para una de las actividades económicas más importantes de Argentina como la agrícola, se realiza desde un enfoque cualitativo, combinando entrevistas en profundidad a informantes clave con análisis de contenido de fuentes documentales de diverso tipo.

Palabras clave: Silo-bolsa; Ingenieros agrónomos; Infraestructura; Productores agrícolas.

Agronomic engineering for a plastic storage infrastructure. The laboratorization and dissemination of the silo-bag for dry grains

Abstract

This article describes and analyses the initial trajectory of an Argentinian innovation: the silo-bag for dry grain storage. Emphasizing the importance of a group of engineers—mainly agronomists— who were crucial in the production

* Doctor en Sociología (Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina). Investigador y docente del Instituto del Transporte de la Escuela de Hábitat y Sostenibilidad de la Universidad Nacional de San Martín (IT-EHyS-UNSAM). Miembro del Centro de Estudios Sociales de la Economía del Instituto de Altos Estudios Sociales de la Universidad Nacional de San Martín (CESE-EIDAES-UNSAM). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4612-7705>. Email: jarraras@unsam.edu.ar

Recibido: 11/08/2023. Aceptado: 12/03/2025

and diffusion of this local technology, the following pages examine the spaces, conjunctures, and actors that converged in its creation and dissemination between the end of the 20th century and the beginning of the third millennium.

The reconstruction of this process, through which these artifacts came to be established as a core storage infrastructure for one of Argentina's most important activities, namely agriculture, is carried out from a qualitative approach, combining in-depth interviews with key informants and content analysis of various documentary sources.

Keywords: Silo-bag; Agronomist; Infrastructure; Agricultural Producers.

Introducción

La fotografía que abre este artículo retrata un conjunto de silos-bolsa, implementos considerados un hito tecnológico del campo argentino (Imagen 1). Desde fines de siglo XX hasta la actualidad, estos largos bolsones de polietileno se han erigido como una infraestructura de almacenamiento medular para una de las actividades económicas más importantes de Argentina: la agrícola. Inventados a fines de la década del '60 en la Alemania Federal con el propósito de dar una solución práctica y económica al almacenamiento de forraje para ganado (Eggenmüller et. al., 1972), el sistema de embolsado–conformado en esos tiempos solamente por el silo-bolsa y la máquina embolsadora– alcanzó un amplio desarrollo en Estados Unidos durante la década del '70 (Arrarás, 2024b) para aterrizar en la Argentina de principios de los '90 gracias a un fabricante de maquinaria agrícola de la ciudad bonaerense de Tandil (Brieva y Ceverio, 2009).

Luego de demostrar sus aptitudes en la producción lechera y ganadera, un acto innovativo realizado por expertos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a mediados de la década del '90 modificó las capacidades de los silos-bolsa para siempre: esta tecnología se convertía a partir de ello en un dispositivo para almacenar también granos secos. De ahí en más, los bolsones plásticos no sólo fueron capaces de acopiar plantas o granos húmedos apuntados al alimento animal, sino también la inmensa cantidad de cultivos como soja, maíz y trigo que en cada campaña brindan los campos de nuestro país. Así, un conjunto de profesionales de un organismo estatal ofreció un artefacto idóneo para cubrir la histórica falta de almacenamiento fijo que tenía nuestro país desde la década del '70 y que se agravó aún más debido al auge productivo y la extensión de la frontera agrícola que provocó la autorización del empleo de cultivos transgénicos a partir de 1996.

Silos-bolsa para granos secos



Imagen 1: Silos-bolsa para granos secos. Fuente: archivo propio (2023)

En este artículo me propongo describir y analizar la trayectoria inicial del silo-bolsa para granos secos. Haciendo principal énfasis en el accionar de un conjunto de ingenieros –en su mayoría agrónomos– que fueron pioneros en la creación, desarrollo y difusión de esta tecnología plástica, abordaremos también los espacios, coyunturas y demás actores que convergieron en torno a ello entre finales del siglo XX e inicios del XXI.

Para la realización de esta tarea se llevará a cabo un análisis de la tecnología en acción (Latour, 1987), expresión que hace referencia a los procesos colectivos a partir de los cuales los artefactos tecnológicos son fabricados y difundidos. Esto implicará atender tres criterios: uno acumulativo, a partir del cual se reparará en los diversos actores que fueron añadiéndose (y desligándose) de la red de relaciones en torno al silo-bolsa para granos secos; uno asociativo, que encarará los vínculos y formas de colaboración entre dichos actores; y uno historicista, ya que dicha red cuenta con una biografía dentro de la cual hechos y circunstancias se fueron imbricando con cuestiones propias de las comunidades en donde fue desplegada (García Díaz, 2007).

El abordaje metodológico empleado fue cualitativo. Así, para reconstruir el proceso colectivo que nos incumbe, se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Entre las primarias se encuentran un conjunto de entrevistas en profundidad realizadas a miembros del equipo de investigación que creó, perfeccionó y difundió el silo-bolsa para granos secos y a fabricantes y comercializadores de silos-bolsa y maquinaria embolsadora realizadas en

2019. En combinación con esas fuentes, se llevó a cabo un análisis de contenido de fuentes secundarias como actas del INTA y del repositorio Google Patents; de artículos periodísticos de diarios, revistas nacionales, portales web y revistas especializadas; de comunicaciones efectuadas en la exposición AgroActiva de 2019; y de material audiovisual del Primer Congreso Internacional de Silo-bolsa¹.

Acerca de la labor ingenieril en las sociedades contemporáneas

Como adelantamos, la popularización del silo-bolsa para granos secos en los campos argentinos no puede comprenderse sin abordar sociológicamente el rol que en ello tuvieron un conjunto de ingenieros del INTA.

Las ciencias sociales se han dedicado a analizar el papel jugado por los ingenieros en la configuración de las sociedades contemporáneas. Campo de estudios que supo vigorizar hace más de un siglo Thorstein Veblen a través de su ensayo *The Engineers and the Price System* (1921 [2001]), fue el sociólogo y economista estadounidense quien dio cuenta de que los engranajes del capitalismo industrial se han apoyado no sólo en el accionar de trabajadores y capitalistas sino también en el de ingenieros. Así, según Veblen, este cuerpo de expertos ha colaborado –a través de la aplicación de distintas técnicas, conocimientos y dispositivos– a lograr una gestión de la producción industrial más ordenada durante esa etapa.

El amplio espectro que conforman los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad también analizó el papel de estos especialistas. Derivación de ese campo de investigación centrado en inventos, innovaciones y creadores de grandes sistemas tecnológicos (Pinch y Bijker, 2013; Dalzell, 2010; Hughes, 2013, 1998; MacKenzie, 1989), los ingenieros fueron estimados por una multiplicidad de cualidades a la hora de materializar y difundir sus obras. Su capacidad para aplicar el análisis sociológico al elaborar distintas tecnologías –convirtiéndose así en “ingenieros-sociólogos”– (Callon, 1998); de hacer uso de su personalidad carismática (MacKenzie, 1996) y de construir sistemas de demostración persuasivos de sus inventos para así ganar inversores y clientes (Dalzell, 2010); o de llevar a cabo un “trabajo infraestructural” basado en preparar los terrenos y crear hábitos para que

¹ El trabajo de campo se realizó en el marco de la tesis doctoral en Sociología realizada por el autor en la Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales de la Universidad Nacional de San Martín. Para dicha tesis, se utilizaron más de 50 entrevistas en profundidad a distintos actores relacionados con el silo-bolsa y una más amplia cantidad de fuentes secundarias que las usadas para este trabajo (entre ellas, más de 250 artículos de diarios y revistas nacionales e internacionales).

funcionen las infraestructuras (Pardo-Guerra, 2019) son algunas de las cualidades reflejadas en aquellos estudios abocados a este tipo de profesionales (Barker, 2005; Hughes, 1998 y 1993; Latour, 1993; Law y Callon, 1988).

Salvo algunas excepciones (Barker, 2005), la mayoría de las investigaciones sobre la labor ingenieril se focalizaron en profesionales de países del Norte Global, y en creaciones tales como complejos sistemas de ingeniería, magnas obras de infraestructura –generalmente emplazadas en ámbitos urbanos– o, incluso, grandes sistemas tecnológicos.

Este trabajo abordará un cuerpo de ingenieros no contemplado previamente por ese campo de estudios: los agrónomos. Si bien dentro de las ciencias sociales existe bibliografía centrada en el rol de estos expertos (Benoit y Knittel, 2017; Grosso, 2010; Graciano, 2004), en ningún caso se hizo un seguimiento exhaustivo sobre la capacidad de este tipo de ingenieros para materializar y difundir innovaciones tecnológicas. Menos aún, de su idoneidad para lograr que sus invenciones se convirtieran, con el tiempo, en infraestructuras capaces de alterar la distribución de lo posible dentro de los mercados.

Procurando realizar un aporte al entendimiento del rol asumido por los ingenieros en las sociedades contemporáneas, advertiré que el seguimiento de profesionales de la agronomía también puede ser fructífero para entender el modo en que una tecnología –en nuestro caso, de reducida complejidad y empleada no ya en un ámbito urbano sino rural– es capaz de convertirse en una infraestructura de almacenamiento protagónica de una de las actividades económicas más competitivas de un país periférico. En concreto, a través del rastreo de la labor realizada por los ingenieros agrónomos, podré colaborar a la comprensión de ese proceso que abrió la posibilidad de que dentro de un artefacto creado para acopiar temporalmente granos, se almacenen de manera recurrente, desde hace casi una década y media, entre un tercio y la mitad de los millones de toneladas de granos que produce el sector rural vernáculo; hecho que repercutió considerablemente en materia productiva, financiera, cambiaria y política de la Argentina durante la posconvertibilidad (Arrarás, 2024a).

De acuerdo con esa “sensibilidad” que es la teoría del actor-red (Mol, 2010), el seguimiento del “trabajo infraestructural” (Pardo-Guerra, 2019) realizado por los ingenieros agrónomos permitirá advertir que lo “social”, lo “tecnológico”, lo “natural” no son categorías dadas y pre-establecidas, sino productos que emergen de redes siempre compuestas por entidades heterogéneas (Domènech y Tirado, 1998). Entre dichas entidades se notará

la presencia de “materia vibrante” (Bennett, 2022) almacenada en los silos-bolsa –“actantes” que, como veremos, actúan y mueven la acción (Latour, 2001)– la cual debió ser considerada junto con aquellos elementos suscitados por “fuera” de los bolsones para que la innovación tuviera éxito.

A través del seguimiento de esa trama, este trabajo intenta saldar cierta vacancia de estudios sobre una tecnología que no supo generar suficiente interés dentro de la sociología y antropología, salvo mínimas excepciones (Arrarás, 2024a y 2024b); Delvenne, 2020; Brieva y Ceverio, 2009). La agenda de investigación sobre las transformaciones surgidas en el agro local durante las últimas décadas centró su atención en otro tipo de tecnologías. Fueron, así, los organismos genéticamente modificados los de mayor consideración (Leguizamón, 2022; Arancibia, 2012; Lapegna, 2012; para mencionar algunos estudios) a partir del cambio drástico que su difusión generó tanto en el sector rural como en la economía argentina (Trigo y Cap, 2006). Sin embargo, muchas de las consecuencias emergidas de ese cambio no pueden vislumbrarse sin indagar en la popularización de los bolsones plásticos; un artefacto que, junto con los cultivos transgénicos, los plaguicidas y la siembra directa, ha tomado suma relevancia en el mapa productivo de la Argentina agrícola contemporánea.

Inicio de los ensayos de investigación en torno al silo-bolsa para granos secos

Si hubiera que escribir la historia de los avances tecnológicos experimentados en materia de agricultura, maquinarias, insumos o sistemas de conservación de granos y forrajes, habría que dedicar un capítulo entero a Cristiano Casini, un ingeniero agrónomo que gracias a su investigación aportó al mundo productivo agroindustrial un sistema de almacenaje revolucionario: el silobolsa (Bustos, 2014).

Cuando se intenta avanzar en una exploración de la historia del silo-bolsa en Argentina, resulta recurrente dar con registros o testimonios como el publicado por la revista *El Federal* que nos antecede. Más allá de la importancia que asumieron para alcanzar esa innovación investigadores del INTA como Mario Bragachini, Juan Carlos Rodríguez o Martha Cuniberti²,

² Mario Bragachini fue un histórico ingeniero agrónomo del INTA Manfredi y referente nacional en materia de poscosecha y maquinaria agrícola. Por su parte, Juan Carlos Rodríguez fue un importante ingeniero agrónomo del INTA en Reconquista, Chaco, quien contribuyó con innumerables aportes en el desarrollo de sistemas aplicados a la poscosecha. Asimismo, Martha Cuniberti fue una eximia ingeniera química del INTA Marcos Juárez,

el nombre de Cristiano Casini es jerarquizado por sobre los de cualquier otra persona a partir de la utilización de calificativos como “genio”, “motor” para el desarrollo de esa tecnología o “prócer del silo-bolsa” (Revista Granos, febrero-marzo, 2014; Maquinac, 2/12/2013; entrevista, 26/6/2019a³; entrevista, 26/6/2019b⁴; entrevista, 17/7/2019⁵).

Nacido en Roma, Italia, en la década del 40, Cristiano Casini pasó la mayor parte de su vida en Argentina, más puntualmente en la provincia de Córdoba⁶. Destacado miembro del INTA, Casini se desempeñó en el organismo público como especialista en ámbitos como la calidad de semillas, el agregado de valor en origen y, fundamentalmente, la eficiencia en poscosecha de granos entre los años 1975 y 2013 (Maquinac, 2/12/2013). Más allá de la riqueza y amplitud de su carrera, fue con la variante del silo-bolsa para granos secos que logró su mayor grado de trascendencia tanto en el ámbito rural como más allá de este.

La tecnología de almacenamiento en bolsas plásticas había sido creada en Alemania Federal a partir de la invención de la primera máquina para acopiar temporalmente forraje en silo horizontal, la Eberhardt Silopresse 401, por parte de empresa Gebrüder Eberhardt en diciembre de 1968 (Johnson et. al., 1990; Eggenmüller et. al., 1972). Posteriormente, el sistema de embolsado se perfeccionó en tierras norteamericanas, más precisamente en los Estados Unidos de la década del '70 y el '80. Fue allí donde se estableció la mayor cantidad de nuevas creaciones maquinales y mejoras que dieron solución a los distintos problemas de funcionamiento que presentaban algunas versiones de las embolsadoras (Arrarás, 2024b). Fue asimismo desde ese país, que el sistema se desplegó hacia nuevas geografías como la Argentina, en donde transitó una fase de profunda resignificación tecnológica (Briefa y Ceverio, 2009).

Un paso fundamental en esa dirección lo dieron a mediados de la década de '90 Cristiano Casini y quienes lo acompañaban en ese proyecto: el ingeniero agrónomo Mario Bragachini y la ingeniera química Martha Cuniberti.

quien desarrolló múltiples aportes en relación a la calidad industrial y valor agregado de cereales y oleaginosas.

³ Entrevista a miembro del departamento técnico de empresa de embolsadoras.

⁴ Entrevista a inventor de extractora de silos-bolsa y dueño de empresa de maquinaria.

⁵ Entrevista a miembro del convenio de asistencia técnica con fabricantes de silo-bolsas.

⁶ Graduado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) en 1974, Casini cursó estudios de posgrado en la Universidad de Mississippi en los Estados Unidos entre 1985 y 1990, donde se tituló como Master of Science (MSc) y Doctor of Philosophy (PhD) en Ciencias Agrarias, con la Especialidad en Tecnología de Semillas, Genética y Mejoramiento Genético.

En ese momento, Casini se desempeñaba como encargado de la Maestría en Ciencias Agropecuarias con Mención en Tecnología de Semillas en la Universidad Nacional de Córdoba. Al intentar indagar acerca de los primeros pasos dados para dar con el silo-bolsa para granos secos, un miembro de ese equipo nos decía:

En realidad, fue producto de la curiosidad por la innovación, y también de la casualidad, ya que en aquél entonces estábamos estudiando una tesis de la Maestría de Semillas relacionada a los sistemas de almacenamiento herméticos, que expulsan al oxígeno del ambiente del silo, como una forma de disminuir el deterioro de los granos. Es así que, en una revisión de bibliografía encontré una revista de agronómica de los Estados Unidos donde se contaba la experiencia de unos agricultores que habían almacenado granos de sorgo en una bolsa plástica. Era 1994 o 1995 (entrevista, 8/6/2019⁷).

Más allá del espacio dado a la curiosidad y al azar para encarar la innovación, queda claro en el citado discurso retrospectivo la inquietud del equipo de ingenieros por abordar el efecto que la hermeticidad de los bolsones generaba en los granos almacenados. El interés por la dinámica que asumía la “materia vibrante” (Bennett, 2022) interna a los bolsones se evidenciaba ya desde los ensayos iniciales. Esta no era considerada como algo pasivo o inerte. Como veremos, la consideración de esa actividad interna por parte de los ingenieros como aquello con capacidad de producir efectos, será fundamental no solo para alcanzar la innovación sino también para difundirla.

Con base en ello, y sin apartarse demasiado de la configuración tecnológica del silo-bolsa para forraje que décadas atrás había sido inventado en Alemania Occidental –dando así cuenta de aquella sentencia que indica que la tecnología siempre da forma a la tecnología (MacKenzie, y Wajcman, 1985; Winner, 1977;)- Casini y su equipo de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del INTA en Manfredi, provincia de Córdoba, se embarcaron en lo que pasó a llamarse “Proyecto Intensificación en la Producción de Granos”.

En primera instancia, realizaron ensayos en laboratorios sobre bolsones pequeños de 10 kilogramos con trigo de calidad panadera, formato que les facilitó la posibilidad de realizar repeticiones dentro de un ambiente controlado. De manera casi simultánea, comenzaron a investigar mediante la utilización de silos-bolsa de tamaño comercial, de 9 pies de ancho y 60 metros

⁷ Entrevista a miembro del equipo que creó el silo-bolsa para granos secos.

de largo, en los que se experimentó sobre los efectos que generaba ese tipo de almacenamiento en granos de trigo, girasol y maní en calidad de aceite. Aunque se hicieron casi sincrónicamente, la realización de ensayos sobre bolsas de dimensiones comerciales implicaba otro instrumental que el INTA no estaba en condiciones de proveer, dado el recorte presupuestario que venía registrando el organismo a largo de una década gobernada por el menemismo (Gárgano, 2018). Por ese motivo, Casini se contactó con Carlos Márquez, un empresario argentino radicado en Estados Unidos, dueño de la firma Grain Bagging, quien colaboró con la entrega de una embolsadora de forraje AgBag (Agritotal Vivo, 2014a). En esos primeros ensayos, participó asimismo Aceitera General Deheza (AGD), uno de los holdings cerealeros y alimenticios más importantes de nuestro país (entrevista, 8/6/2019; Casini en Agritotal Vivo, 2014a).

Actividades de los primeros ensayos de investigación



Imagen 2: Actividades de los primeros ensayos de investigación. En la imagen aparece Carlos Márquez. Fuente: Agritotal Vivo (2014a).

Ahora bien, ¿qué hacía que esos ensayos adquirieran un nivel de experimentación inédito a nivel mundial? ¿En qué se diferenciaban las prácticas realizadas por este conjunto de ingenieros de los avances que había demostrado el sistema de embolsado desde fines de la década del '60 hasta mediados de los '90 en otros países como Alemania o Estados Unidos? En que mientras aquellos avances centraban su interés en desarrollos maquinales que dieran solución a los problemas prácticos que iban presentando la carga de material forrajero (hecho que les otorgaba a los silos-bolsa el rol de mero

apéndice de la embolsadora), el proceder científico-tecnológico de Casini y su equipo logró cambiar ese eje de atención para posicionarse fundamentalmente en otro lugar: en el interior de la bolsa.

Desde aquél momento, “el grano fue el principal actor” (entrevista, 8/6/2019). Aunque, para ser más precisos, no sólo el grano sino también otros elementos orgánicos que se suelen desarrollar en torno al granel. Así, la fuente de acción de esos “actantes” (Latour, 2001) fueron centrales en la trama investigativa para dar con la innovación.

Seamos más precisos sobre esta cuestión. Los granos son un conjunto de seres vivos. Como todo organismo viviente, este ecosistema biológico respira, consumiendo a través de ello oxígeno y liberando dióxido de carbono, calor y humedad. La temperatura y la humedad son los dos factores principales que afectan a los granos durante el almacenaje (Casini y Santa Juliana, 2009). En su avance, este proceso eleva el desarrollo de hongos e insectos, quienes de ese modo deterioran las reservas de granos (Bartosik y Rodríguez, 1999). Ahora bien, si se logra un estado capaz de limitar los niveles de respiración de esa “materialidad vital” (Bennett, 2022), dicho proceso comienza a enlentecer, mejorando notablemente la conservación de los granos almacenados. Esto último es lo que logró Casini y su equipo a través del silo-bolsa para granos secos: crear una tecnología capaz de alcanzar una condición de hermeticidad tal que permitiera alterar el curso de acción de ese actante que tiene vida y respira, el granel.

Hasta entonces, los sistemas de almacenamiento de atmósfera modificada habían sido largamente estudiados en distintos países del mundo. Sin embargo, no habían podido implementarse de manera generalizada. Así, con la innovación del INTA se ponía en práctica un sistema de almacenamiento de atmósfera modificada como nunca antes (Olivieri, 2009), el cual permitió que en los bolsones no fuera sólo posible almacenar forraje animal sino también granos secos –como soja, maíz y trigo– por amplios períodos de tiempo.

Cumplimentado más de un año y medio de los ensayos encarados por Casini, Bragachini y Cuniberti, empezaron a asomar las primeras publicaciones científicas tales como “Ensayo de simulación de almacenamiento de trigo en silo “Bag” (como se citó en Casini y Santa Juliana, 2009).

Pese a que ya se exhibían resultados científicos concretos, la lógica acumulativa que demostraba la red de relaciones congregada en torno al conjunto de experimentaciones detenía levemente su marcha, puesto que algunos de sus actores comenzaban a desvincularse de la misma. Tal fue el caso de Grain Bagging de Carlos Márquez, empresa que no tuvo el éxito que

buscaba en Argentina. “Regaló las máquinas, las tiró y se fueron”, contó Casini (Agritotal Vivo, 2014a).

Al mismo tiempo, surgían otras tensiones a partir de algunas resistencias que acechaban los ensayos de investigación. Ellas provenían, según nuestros entrevistados, de un actor tradicional en la cadena de comercialización de granos en nuestro país: los acopiadores.

E: Al principio se opusieron mucho las plantas. Nosotros tuvimos una guerra muy grande con los acopiadores, las cooperativas, todo eso...

J: ¿Se oponían de qué manera?

E: Que le sacábamos el negocio...

J: Ustedes le presentaban la idea...

E: Sí, lo presentabas y ellos aparecían con mil problemas, digamos, de calidad del grano, de todo. Fue una guerra bastante grande. Incluso cortaron varias bolsas⁸. Bueno...

J: ¿Las mismas empresas, digamos?

E: Bueno, no sabemos, no sabemos. No podemos acusar a las empresas, a nadie, pero hubo muchos accidentes, digamos, de bolsas dañadas.

J: En los campos de los productores aparecían bolsones rotos.

E: Sí, señor. Sí, señor (entrevista, 8/6/2019).

Presuntamente promovidos por un conjunto de acopiadores, esa resistencia hacia el bolsón de ese grupo social relevante (Pinch y Bijker, 2013) que bregaba para que un objeto no ocupase su lugar⁹ también fue mencionada por el responsable técnico de la principal empresa fabricante de silos-bolsa del país.

Las plantas mismas originalmente vieron una amenaza porque el productor ya no le entregaba a la planta de acopio del pueblo y decía “no, la bolsa no me sirve...”. Es más, los primeros detractores fueron

⁸ Si ocurre una rotura en el silo-bolsa, inmediatamente le ingresa aire del exterior produciendo una modificación en la atmósfera inter-granaria circundante a la rotura. Así, aumenta la concentración de oxígeno y disminuye la de dióxido de carbono. Esas condiciones hacen que sea riesgoso cualquier pérdida a la integridad del silo-bolsa ya que el artefacto no cumpliría con su función de mantener a resguardo granos en condiciones óptimas por períodos que pueden alcanzar los dos años.

⁹ Con el paso de los años, distintos acopios y cooperativas comenzaron hacer uso de silos-bolsa en tanto opción para el acrecentamiento de su capacidad de almacenamiento.

los acopios que decían “no, nos van a sacar un negocio” (entrevista, 22/4/2019).

Más allá de esa aversión, los ensayos de investigación de los ingenieros del INTA continuaron su curso; y ya no sólo en Manfredi sino también en otras estaciones de experimentación agropecuaria del INTA. Así, por esos años, también se sumaban a los ensayos profesionales de la EEA de Balcarce, provincia de Buenos Aires, como Juan Carlos Rodríguez.

No obstante, los percances permanecieron. Siguiendo a Latour (1995), la mayor parte de las dificultades relacionadas con la ciencia y la tecnología surgen de la idea que, en cierto momento, las innovaciones están en los laboratorios y, en otro momento, se ponen a prueba en un nuevo conjunto de condiciones que invalidan o verifican la eficacia de esas innovaciones.

Algo similar le ocurrió a Casini y su equipo. Para trascender más allá de los ensayos iniciales, los descubrimientos realizados por los ingenieros del INTA debían no sólo sortear ciertas resistencias sino, fundamentalmente, cooptar el interés de esos actores a los que estaba apuntada principalmente la innovación: los productores agrícolas (entrevista, 8/6/2019). Veamos en la próxima sección el modo en que este conjunto de expertos resolvió esta cuestión.

Pedagogía del silo-bolsa: aprendizaje de competencias para su correcto uso

Había una falta tremenda de infraestructura de almacenamiento a nivel de campo. Después, se arrienda muchísimo campo. Nosotros el 60% de la producción en una época era de campo arrendado. Entonces, el productor no iba a invertir en una infraestructura en un campo que no era de él (entrevista, 8/6/2019).

La propensión de los productores a la utilización de silo-bolsa para granos secos era inevitable para su trascendencia. Si los intereses pueden capturarse (Latour, 1995), esta tarea debía lograrse entre esos actores a los que estaba dirigida originariamente la innovación.

Más allá del peso de lo coyuntural en este aspecto –algo sobre lo que trabajaremos en el siguiente apartado–, ciertos factores colaboraban para el éxito de esta invención. Esos elementos fueron considerados por el equipo encabezado por Casini. Siguiendo a Callon (1998), lo quieran o no, los ingenieros (en nuestro caso, los ingenieros agrónomos) se transforman en sociólogos, o lo que el autor francés llama “ingenieros-sociólogos”. Las lecturas del citado miembro del INTA que abren este apartado acerca de la

configuración que asumía la actividad agrícola previa a la aparición del silo-bolsa resultan más que elocuentes al respecto.

El primero de los factores considerados por los ingenieros del INTA era la falta de instalaciones de almacenamiento para granos que presentaban vastas zonas productivas del país. Ese déficit se manifestaba con mayor énfasis a nivel chacra (Della Valle et. al. 1993). Esta dificultad en la dinámica de la actividad agropecuaria no se supeditaba a los últimos años del siglo XX, sino que llevaba al menos dos décadas de existencia al momento en que Casini y su equipo encararon sus primeros ensayos a mediados de la década del '90 (Gatti, 2015).

También considerados por los ingenieros del INTA, otro elemento a encarar para que los silos-bolsa trascendieran era el alto nivel de arrendamiento de campos llevado a cabo por muchos agricultores, fenómeno que caracteriza el agronegocio vernáculo. Quienes no eran propietarios de las tierras en las que producían, difícilmente iban a invertir en costosas instalaciones de almacenamiento fijo. Así, la opción de dar uso a un artefacto flexible, capaz de edificarse en el propio establecimiento acorde a los niveles productivos logrados y mucho más económico en términos relativos, podría resultar más que atractivo para muchos agricultores.

Ahora bien, teniendo en cuenta estos factores, la captura del interés de los agricultores implicaba transitar varias instancias.

Un primer paso fundamental era dar a conocer la innovación a un universo conformado por miles de productores desperdigados por distintas zonas del país (entrevista, 17/7/2019). Sin embargo, el esfuerzo de Casini y su equipo debía ir más allá: debían tornarse “inventores-coordinadores” (Dalzell, 2010) de su innovación. De acuerdo con Carlson (1992), no alcanzaba con materializar una tecnología y darla a conocer. También era necesario guiar a sus potenciales usuarios acerca de su adecuada puesta en práctica.

Por eso, el segundo paso a concretar se relacionaba con lo último. Los agricultores debían alcanzar el saber necesario para usar correctamente los bolsones. Ello resultaba vital para el mantenimiento de ese estado de hermeticidad capaz de controlar la actividad del material acopiado.

El trabajo de pedagogía sobre los agricultores no resultó sencillo para los ingenieros agrónomos. Como prueba inicial de ello, aparece el caso de aquellos productores que participaron en la serie de ensayos realizados entre la segunda mitad de la década del '90 e inicios de los 2000. Lejos de verse atraídos, estos actores sociales relevantes (Pinch y Bijker, 2013) no demostraban suficiente interés por la innovación.

Al consultarlo acerca del lugar en donde se solían realizar dichas experimentaciones, un miembro del equipo investigador nos contaba que:

Primeramente, en campos de productores, que fue una cosa terrible al principio porque ellos embolsaban y se olvidaban; y yo iba a los campos a verlo. “¿Y dónde está la bolsa?” [preguntaba] “¡Allá!” [le contestaban]. Y no veías nada. Todo yuyo. Tapado de yuyo. Bueno, al principio fue muy duro porque el productor nunca estuvo agronómicamente culturizado para almacenar. Siempre cosechó y entregó (entrevista, 8/6/2019).

En esas palabras se vislumbra la complejidad que implicaba lograr que los productores agrícolas se instruyeran sobre la correcta utilización del artefacto de polietileno. Es decir, para que el silo-bolsa tuviera éxito, era necesario conformar esa disposición en el agricultor medio argentino. Lograr cierto nivel de universalización de ese productor “agronómicamente culturizado para almacenar” que, hasta ese entonces, no existía más allá de aquella minoritaria cantidad de agricultores que detentaban en sus chacras instalaciones de almacenamiento fijo¹⁰. En ese sentido, la gran mayoría de los agricultores, apenas cosechados sus cultivos, los despachaban hacia acopios privados o cooperativas, instancias que difícilmente podía ser evitada, tal como lo sostuvieron varios informantes clave y documentos de agencias especializadas en el sector (Calzada et. al., 2018).

En suma, dado que la actitud de muchos productores que formaron parte de los primeros experimentos no era muy inspiradora, debía trabajarse en la construcción de un tipo de disposición entre los agricultores a fin de que el silo-bolsa para granos secos tuviera éxito. Así, el productor-acopiador debía ser moldeado y difundido a lo largo y a lo ancho de la región pampeana y extra pampeana.

Siguiendo a Latour (2001), para convencer a alguien, un científico necesita datos, logros (*sublata*), pero también alguien a quien convencer. La etapa de promoción y pedagogización del sistema comenzó a realizarse a través de charlas encabezadas por Cristiano Casini, quien ofició como principal “portavoz” (Latour, 1995) de la variante para granos secos del silo-bolsa. Aunque, sobre todo, del modo en que sus cuidados debían llevarse a cabo para que su función de almacenamiento por amplios períodos de tiempo sea consumada. Uno de los ingenieros agrónomos del INTA nos decía acerca de esas charlas:

¹⁰ Previo a la década del 2000, esa capacidad de almacenaje tradicional en chacra era de alrededor de 13 millones de toneladas.

J: ¿Ya en el noventa y pico daban charlas sobre el manejo de esto?

E: Sí, sí, sí. En muchas salas la hicimos con (...) un ingeniero agrónomo de Villa María. Con él dábamos las primeras charlas y las dábamos con filminas, después diapositivas y después Power Point. O sea, te digo para que te des una idea de en qué época empezamos a dar charlas sobre silos-bolsa. Muy básicas, sobre todo haciendo mucho énfasis en el cuidado de la bolsa, que la gente lo descuidaba. Y después se desarrollaron varios aparatos para comprender cómo se desarrollaba la dinámica interior (entrevista, 8/6/2019).

De ese modo, el trabajo de los ingenieros debía actuar en distintos planos, procurando alinear lo suscitado tanto afuera como adentro del bolsón. La distinción entre “lo social”, “lo técnico” y “lo natural” resultaba difícil en este sentido, ya que una dimensión era atravesada por las otras. En concreto: se debía convencer a los agricultores sobre las bondades del silo-bolsa y colaborar en la materialización de una disposición sobre su correcta confección y uso (en donde se mixturaban cuestiones “sociales” y “técnicas” originadas por fuera del bolsón), para así lograr que los bolsones alcancen un estado de hermeticidad capaz de atenuar el curso de acción de ese actante que es el granel almacenado (en donde se combinaban elementos “técnicos” y “naturales” gestados dentro del bolsón).

Producción de granos y almacenamiento en bolsas plásticas

Campañas	Producción de granos (en miles de toneladas)	Almacenamiento en bolsas plásticas (en miles de toneladas)	Relación porcentual producción/almacenamiento en bolsas plásticas
1999/2000	64.152	500	0,8
2000/01	67.537	2.000	3,0
2001/02	69.000	9.500	13,8
2002/03	70.574	14.000	19,8
2003/04	69.052	17.000	24,6
2004/05	84.304	20.000	23,7
2005/06	76.311	22.000	28,8
2006/07	93.348	25.000	26,8

2007/08	96.100	40.000	41,6
2008/09	60.500	40.000	66,1
2009/10	94.344	42.000	44,5
2010/11	103.000	42.500	41,3
2011/12	90.405	43.000	47,6
2012/13	104.400	45.000	43,1
2013/14	109.300	42.500	38,9
2014/15	121.700	40.000	32,9
2015/16	124.400	45.000	36,2
2016/17	132.300	45.000	34,0
2017/18	107.800	45.000	41,7

Tabla 1: Producción de granos y almacenamiento en bolsas plásticas (en miles de toneladas y en relación porcentual). Argentina, campañas 1999/2000-2017/18. Fuente: elaboración propia con base en datos ofrecidos por la Dirección de Estimaciones Agrícolas (2024); Casini en Agritotal Vivo (2014a), Bartosik en Agritotal Vivo (2014b); Camarero (2016); Oliverio y López (2008); Bergero y Calzada (2015 y 2017) y Rozadilla y Calzada (2018).

En el año 1998, los silos-bolsa para granos secos salían al mercado. Según estimaciones propias—ya que no existen cifras oficiales al respecto—, unas 500 mil unidades eran comercializadas en la campaña 1999/2000 (Tabla 1) por empresas como Ipsa Silo y Agrimplex, las cuales por entonces vendían la variante de los bolsones para forraje.

En ese umbral entre fin de siglo y comienzos del nuevo milenio, las charlas del “prócer del silobolsa” y su equipo se seguían esparciendo por distintos espacios del ámbito agrario. Se intentaba mostrar a través de ello no sólo las bondades que podía tener este artefacto, sino también el modo en que este debía ser confeccionado y cuidado en la práctica.

En paralelo a ello, nuevos actores “fundían intereses” (Callon, 2006) en torno a la innovación, como fabricantes de bolsas o de maquinaria embolsadora (entre ellos, Martínez & Staneck, Richiger y Akron). Así fortalecían lo que era la etapa de promoción y pedagogización del sistema. Pese a la centralidad del INTA, este proceso comenzaba a dejar de ser monopolio del organismo público en esos primeros años del 2000¹¹. Al mismo tiempo, esta etapa ya no se limitaba a convencer únicamente a agricultores sino también a contratistas

¹¹ Más allá de ello, también existieron formas de difusión del sistema que trascendieron lo meramente “institucional”. En ese itinerario se ubicaba el popular “boca en boca” entre los productores que comenzaban a tener conocimiento del sistema de embolsado (entrevista 22/4/2019).

rurales, actores dedicados a ofrecer distintos servicios en los campos argentinos como los de siembra y cosecha.

Ahora bien, la desconfianza sobre la innovación del INTA era un asunto que emergían en las charlas promocionales. El responsable técnico de la principal empresa fabricante de silos-bolsa del país nos contaba acerca de ello:

E': ...nosotros hicimos difusión a partir de las distintas exposiciones nacionales, desde Salta, Tucumán, Chaco. Los productores se preguntaban "lo pongo acá adentro y después se me pudre. Pierdo mucha plata, y es el trabajo de todo un año", lo cual es un riesgo grande. Por eso, de la mano del INTA también habíamos generado charlas de asesoramiento donde le decíamos al productor que era lo que no tenía que hacer.

J: La planificación es fundamental...

E': Claro, la buena ubicación, que el grano este seco, este limpio, que la bolsa esté bien cerrada... Esos parámetros. Bueno, lo que se hizo fue eso básicamente: distintas charlas, participación en eventos de difusión, y obviamente a partir del interés no solo nuestro sino también de los fabricantes de máquinas (entrevista, 22/4/2019).

Como decíamos más arriba, pese al papel de fabricantes de bolsas y maquinaria agrícola, el rol de Casini no era puesto en duda. Su centralidad en la etapa de promoción y pedagogización se dio por su presencia masiva en sociedades rurales dispersas por la zona pampeana y extra-pampeana, como también en conferencias realizadas en exposiciones rurales (La Nación, 17/5/2003; La Nación, 1/6/2002). En ese itinerario, el ingeniero agrónomo daba a conocer una "guía para almacenar granos secos en silo bolsa" en la exposición AgroCórdoba 2002 (La Nación, 1/6/2002). Con el propósito de trascender la co-presencia de sus disertaciones en jornadas agropecuarias, dicha guía no sólo se ofrecía en formato impreso sino también digital¹². Se intentaba, así, hacer llegar a distintos puntos una guía que condensaba no sólo los conocimientos acumulados a lo largo de los ensayos encarados por Casini y su equipo, sino también el modo adecuado de poner en práctica un sistema que, para entonces, demostraba serias deficiencias en su uso.

¹² Ello era observado en la edición de septiembre/octubre de 2002 de la revista Producción Agroindustrial del NOA donde se daba a conocer, en un pequeño anuncio dentro de la sección de "Noticias INTA", que la Estación Experimental Agropecuaria de Manfredi, en Córdoba, había elaborado "una guía con los aspectos a tener en cuenta para planificar el almacenamiento de granos en silo-bolsa". Posterior a ello, el aviso indicaba: "para mayor información comunicarse con: Ing. Agr. Cristiano Casini. Email: ccassini@correo.inta.gov.ar".

La pedagogía para el desarrollo de competencias apuntadas al correcto uso del silo-bolsa también alcanzaba distintos artículos de suplementos rurales de diarios de tirada nacional, los cuales comenzaban a dedicar notas exclusivamente a esas cuestiones. “Uso correcto del silo de bolsa plástica” (La Nación, 25/10/2003) presentaba al silo-bolsa como “una tecnología de bajo costo, pero que requiere máximo cuidado en muchos aspectos”. La gacetilla aludía a las pérdidas de una enorme cantidad de granos que demostraba el uso indebido del sistema. Dándole una centralidad a los especialistas del INTA, el artículo apelaba a la colaboración de los productores que debía consistir en la cumplimentación de “ciertas normas (...) fundamentales en el manejo de poscosecha en chacra, aún (...) desconocidas” por ellos. Entre esas reglas se encontraba: almacenar granos con bajos niveles de humedad; un “adecuado llenado de la bolsa para expulsar la mayor cantidad de aire posible”; una correcta ubicación de la misma sobre un “piso firme y liso” y en un lugar “lo más alto posible, lejos de árboles y de cualquier posible fuente de rotura”; y un control permanente “para proteger y mantener la integridad de la bolsa”. Sin desvincular esas reglas de la vitalidad de la materia que actúa en el interior de la bolsa, el artículo daba cuenta de que era “necesario considerar que los granos son organismos vivos y deben estar sanos, sin daño mecánico y limpios, para tener mayor posibilidad de mantener su calidad durante el almacenamiento” (La Nación, 25/10/2003).

Otra vez, se daba cuenta del solapamiento existente entre esos actantes ubicados en el interior de los bolsones plásticos con las prácticas de cuidado que debía llevar a cabo ese productor “agronómicamente culturizado para almacenar”. Eran esos elementos los que debían alinearse para que el sistema funcionara, hecho que los expertos del INTA ayudaron a que se concretara.

Ahora bien, no obstante la importancia de la labor ingenieril de Casini y compañía como paso previo obligado para la trascendencia de su innovación, ello no logró por sí solo que el silo-bolsa para granos secos alcanzara el éxito que supo demostrar con el tiempo. O, en otras palabras, fue necesario, pero no así suficiente. Siguiendo a Winner (1977), un artefacto no resultará operativo a no ser que se cumplan las “condiciones sociales y materiales” adecuadas para ello. Trataré de reconstruir estas cuestiones en el próximo apartado.

2001: un punto de inflexión para la tecnología plástica

Y entonces nosotros seguimos haciendo experimentaciones hasta que llegó un momento en el año 2000 que llegó esa tremenda hecatombe económica, en donde las cooperativas andaban mal, la gente no quería

poner plata en el banco y empezaba a preguntarnos qué, cómo y dónde almacenar los granos porque no tenían infraestructura. Y nosotros les comentamos el tema de las bolsas (entrevista, 8/6/2019).

Al observar las estimaciones sobre ventas de silos-bolsa para granos secos durante sus primeros diez años en el mercado, es sencillo dar cuenta de un considerable incremento en su uso ya en su primer trienio (Tabla 1). Esto se puede observar tanto en términos absolutos (cuando el almacenamiento en bolsas plásticas paso de 0,5 a 14 millones de toneladas), como relativos (lapso en el que la relación producción de granos/almacenamiento en silos-bolsa avanzó desde un 0,8% del total de los granos cosechados en la campaña 1999/2000 a cerca del 20% de la campaña 2002/2003). Desde ese primer trienio en adelante, la innovación de los ingenieros del INTA nunca bajó de cubrir el 20% de la producción total de granos argentina, dando almacenamiento a entre el 32,9% y el 66,1% de las cosechas entre 2007/8 y 2018/19. Fue por entonces que la innovación adquirió *momentum* tecnológico (Hughes, 2013), esa inercia que hacen devenir autónomas a las tecnologías hacia el logro de una meta; algo que, en este caso, era convertirse en una infraestructura de almacenamiento elemental para la actividad agrícola del país.

Ahora bien, más allá de que el trabajo de difusión y pedagogización de Casini y compañía en gran parte se dio durante ese primer trienio, hay otros factores que deben también considerarse a la hora de realizar un análisis más integral sobre el éxito del silo-bolsa. Las palabras que abren este apartado dan una pequeña señal de ese acontecimiento histórico que tuvo una incidencia vital en ese sentido: la crisis argentina de principio de siglo.

Las políticas de liberalización del comercio agrario y la apreciación cambiaria con base en la ley de convertibilidad habían originado la salida del mercado de un gran número de actores rurales, como pequeños y medianos productores, durante el menemismo (1989-1999) (Abramovich y Amarilla, 2011-12). Esto se agudizó en los años en que gobernó Fernando De la Rúa (1999-2001), cuando otros actores relegados del sector, como cooperativas agropecuarias o pequeñas plantas de acopio, comenzaron a atravesar situaciones de crisis y quebrantos con mayor asiduidad que antaño (Abramovich y Amarilla, 2011-12). En esa coyuntura en la cual Argentina transitaba uno de los peores derrumbes socioeconómicos que haya tenido en su historia contemporánea, la ruina por la que transitaban algunos acopiadores, en conjunción con medidas gubernamentales como la restricción

para el acceso a los depósitos bancarios de diciembre de 2001 conocida como el “corralito”, reverberaba críticamente en el mercado de granos.

Sobre ello, el inventor de la extractora de granos¹³, que por entonces se dedicaba a la producción agrícola y a ofrecer servicios como contratista, nos decía:

En ese momento la situación del país era tan mala... Los bancos estaban mal. Si vos tenías plata y la depositabas en un banco, no sabías si la ibas a volver a sacar. Los cerealistas estaban mal, si le entregabas el cereal, no sabías si ese cereal te lo iba a guardar y te lo debían o sí, a lo mejor, aunque fueran serios, tenían problemas económicos. Todo el mundo estaba endeudado. Yo iba a entregar el cereal y no sabía cómo estaba endeudado el cerealista. (...) Cada uno que presentaba quiebra enganchaba a un montón: generalmente, los que vendían o los que tenían el cereal dentro. No, fue una situación terrible (entrevista, 26/6/2019b).

Ante un mercado sumamente alborotado no sólo por la progresión de crisis y quebrantos sufrida por las plantas de acopio sino también por el descreimiento generalizado en el que habían caído los bancos, muchos productores agropecuarios salieron a la búsqueda de nuevas opciones para su protección. La crisis se tornaba oportunidad para los bolsones de polietileno y la innovación que habían encarado Casini y su equipo comenzaba a demostrar a partir de entonces una mayor presencia en los establecimientos rurales argentinos. “Con la crisis de 2001 el productor agropecuario desconfió del sistema económico-financiero y quiso retener los granos en el campo”, nos decía el ingeniero agrónomo miembro del equipo que dio con el silo-bolsa para granos secos (entrevista, 8/6/2019).

Los diarios de la época también afirmaban algo similar. Al calor de la crisis, el diario La Capital de Rosario daba cuenta de que muchos productores optaban por poner “una buena parte” de sus tenencias “en bolsas de plástico para conservarlo hasta la venta” y que “por razones de costos y para achicar etapas” comercializaban “en forma directa a exportadores” a través de ello (Monti, 14/2/2001). Un “cambio de hábito” de los productores, dado que estos “anteriormente, luego de la cosecha, entregaban su cereal y se terminaba su problema”. De ese modo, comenzaba a extenderse una práctica que había

¹³ La invención de la extractora de granos fue un hito, también nacional, del desarrollo de la maquinaria para el sistema de embolsado. Mientras que existían sinfines mecánicos para ello o extractores mecánicos tipo aspiradora, el sistema de extracción mediante el enrollado del silo-bolsa fue desarrollado y patentado por nuestro entrevistado a inicios de milenio.

nacido en la década del '80 pero que la presencia del silo-bolsa contribuyó a forjar aún más: las ventas directas desde el productor al exportador.

En una tónica similar, La Nación (24/3/2001) aludía al silo-bolsa como “una técnica sencilla, que permite planificar una mejor comercialización, ahorrar costos y solucionar muchos problemas que se presentan antes y después de la trilla”. En tanto, “aliado de las cosechas”, se narraba la presencia de esta nueva tecnología como aquella capaz de suplantar los silos chacra y posibilitar que cualquier productor retuviera su cereal y lo comercialice en forma diferente a como lo hacían anteriormente, cuando estaba ligado obligatoriamente a un acopiador o “cerealista” para ello. Pese a que había sido diseñado para acopiar granos por dos años, “lo normal es que los productores guarden su grano durante seis u ocho meses”, se afirmaba en la nota periodística.

Esa inclinación de los productores vernáculos en almacenar sus tenencias granarias en blancos bolsones plásticos más allá del período de cosecha continuaría su despliegue durante los primeros años de la posconvertibilidad. Serían esos actores los principales encargados de extender una infraestructura de almacenamiento con base en los bolsones plásticos¹⁴. Como consecuencia, las plantas de acopio dejaban de ser mediadores indispensables en la trayectoria que el grano realiza desde su lugar de producción hasta el de su procesamiento o exportación.

En suma, los registros a los que hicimos alusión nos permiten dar cuenta del conjunto de elementos que hicieron que el silo-bolsa para granos secos pegara un salto en su utilización a principio de siglo XXI. Fue así que el masivo descreimiento que pesaba sobre bancos y empresas acopiadoras, el intento de reducir costos y etapas de comercialización, y el histórico panorama de falta de infraestructura fija en chacra que caracterizó al sector desde la década del '70, se combinaron con algunas características propias del modelo del agronegocio (como un alto nivel de arrendamiento).

La devaluación de 2002 realizada por el gobierno de Eduardo Duhalde (2002-2003) – que aumentó los márgenes brutos de los agricultores que pudieron sortear la crisis de inicios de milenio (Pierri y Orlando, 2014)– y el fuerte aumento de los precios de las materias primas en el mercado internacional, en particular de la soja, impulsó constantes cosechas récord gracias de las facilidades que para ello ofrecían los eventos transgénicos aprobados en 1996. El silo-bolsa continuó su avance dentro de ese proceso. Fue ese hallazgo de

¹⁴ Según estimaciones del encargado de comercio exterior de Ipsa Silo, Alberto Mendiondo, el 70% de los silos-bolsa eran adquiridos por agricultores y el 30% restante, por exportadores y acopios (Infocampo, 4/1/2008).

los ingenieros del INTA el que colaboró a que el modelo del agronegocio sorteara las dificultades que la actividad agrícola venía exhibiendo en su fase de almacenamiento desde hacía décadas (Arrarás, 2024a). Sin embargo, su popularización en manos de los productores generaría también un “quiebre” en la forma de comercializar los granos. Ello implicó que la trayectoria de la producción agrícola, sobre todo la soja, ya no estuviese previamente demarcada como antaño, cuando casi por obligación debían trasladarse hacia los acopios durante los períodos de cosecha (entrevista 8/6/2019; entrevista, 22/4/2019; comunicación de operador granario, 26/6/2019; BCR en Agrofy, 7/12/2013).

Un convenio para seguir desarrollando la innovación

Más allá de que el silo-bolsa resultó fundamental para dar cobertura a los niveles productivos que fue presentando un cultivo estelar del agronegocio como la soja, su utilización no se limitó meramente a dicha oleaginosa. Lejos de ello, esta tecnología estuvo paulatinamente destinada a almacenar a su vez otro tipo de frutos provenientes de la tierra, los cuales fueron desde trigo y maíz, hasta arroz, maní o cebada cervecera, entre otros. Nuevamente, tanto Casini como el INTA resultaron primordiales para que ello sucediera.

En un impulso por seguir avanzando en la extensión del horizonte de empleo de los bolsones y, asimismo, aunar esfuerzos para posibilitar la reducción del riesgo de deterioro de los granos allí almacenados, el INTA y las empresas fabricantes de bolsas plásticas –como Plastar, Venados Manufacturas Plásticas e Ipesa– celebraron un convenio de asistencia técnica en el año 2003 que se renovó periódicamente hasta bien entrada la segunda década del siglo XXI (INTA, 2014). Este tipo de compromisos con distintos actores del sector privado seguía una dinámica basada en la apropiación privada de los resultados de la investigación.

Cristiano Casini aparecía nuevamente como un personaje crucial en la trama. Esta vez, oficiando como coordinador general del convenio, cargo que ocupó hasta el año 2010. Con una tónica similar a sus ensayos precedentes encabezados durante la segunda mitad de la década de los '90 en la sede del INTA Manfredi, estos estudios lograban destacarse por realizarse en nuevas zonas sojeras –como el norte grande– y por su profundización en los efectos que la hermeticidad generaba no sólo en los principales cultivos de nuestro país como soja, trigo y maíz, sino también en otras variedades como arroz y porotos (INTA, 2014).

Una vez más, la actividad interna biológica al bolsón se ubicaba como un actor esencial de la trama, y con ella, sus intérpretes, aquellos miembros del

INTA que permitían hacerla visible dentro de la red de relaciones que incorporaba a las empresas fabricantes de bolsas plásticas y de maquinaria embolsadora y extractora de granos. En esa dinámica, cuanto más se deseara propagar la posibilidad de uso del silo-bolsa en cultivos de diversa naturaleza, más sitio resultaba necesario que les brindasen a los ingenieros del organismo público para que realizaran sus ensayos. La importancia de controlar los movimientos biológicos que encerraban los artefactos de polietileno ubicaba a estos como figuras decisivas sin las cuales las empresas de fabricación de silos-bolsa difícilmente hubieran podido extender el empleo de bolsones hacia distintos cultivos, geografías y, por ende, mercados agrícolas.

Alberto Stavisky, representante de la firma Plastar en el convenio de asistencia técnica, se extendía sobre esta cuestión:

Trabajamos con el INTA y el resto de las empresas que forman parte del convenio en el estudio y en el desarrollo de soluciones a los problemas que puede tener el productor que utiliza este sistema a lo largo y ancho del país. [El INTA] nos brinda organización, trabajo, tecnología y, sobre todo, técnicos capacitados que nos permiten seguir desarrollando y mejorando el sistema (INTA Informa, 2014).

Algo similar sucedió en cuanto a los desarrollos maquinales de las embolsadoras. En una misma línea de lectura, un miembro del Departamento Técnico de una empresa de embolsadoras (entrevista, 26/6/2019a) me decía: “se perfeccionó todo en Argentina gracias a la intervención del INTA y de los fabricantes de maquinaria (...) Fue todo en colaboración con el INTA, en conjunto. Nosotros le prestábamos máquinas y ellos nos ayudaban con el desarrollo”¹⁵.

Sin embargo, las pérdidas de granos debido al mal uso del sistema fue una constante en esos primeros años en que el silo-bolsa para granos secos fue lanzado al mercado. Nuevamente, ese flanco fue cubierto por los ingenieros agrónomos del INTA. Dada la necesidad de coordinar las prácticas de cuidado que sobre el bolsón se debía tener, el INTA lanzó en 2005 el Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha (PRECOP). Dicho programa apuntaba

¹⁵ Esta dinámica se llevó a cabo con varias de las empresas que formaron parte del convenio de asistencia técnica, y hasta con algunas que no lo hicieron. Entre estas últimas se encuentra el caso del inventor de la extractora de granos al que ya se hizo alusión. Sobre ello, me contaba que pese a que “al desarrollo lo hacemos siempre nosotros” “en el exterior [el INTA] nos han hecho buena propaganda” mencionando el rol de Mario Bragachini y Cristiano Casini al respecto, ya que fueron ellos quienes “más anduvieron por todo el mundo desparramando este sistema” (entrevista, 26/6/2019b).

a reducir en un 20% las ineficiencias observadas durante la recolección, el almacenamiento y el transporte de los granos en términos generales, aunque, esta vez, poniendo especial foco en los silobolsas (INTA, 2009).

Los resultados del PRECOP en esos años fueron óptimos. En 2007, se indicaba que el programa había permitido “mejorar esta tecnología y disminuir las pérdidas en cantidad y en calidad en un orden estimado del 3% sobre el total de granos almacenados en bolsas plásticas”, estimando por ello un retorno económico, a tipo de cambio oficial de entonces, de 108,5 millones de dólares anuales aproximadamente (INTA, 2009).

En suma, con los ingenieros del INTA como punto de paso obligado, la trinidad formada por el organismo público, las empresas fabricantes de bolsas plásticas y las de maquinaria agrícola fueron cimentando una plataforma capaz de llevar el sistema de embolsado no sólo a distintos mercados y geografías argentinas, sino también hacia otros puntos del globo. A partir de ese momento, Argentina comenzó a liderar el sistema de almacenamiento de granos secos en bolsas plásticas a nivel mundial y a exportar embolsadoras, tolvas autodescargables, extractoras y silos-bolsa a más de 16 países del mundo (INTA, 2014). Todo ello se debe, en gran parte, al accionar de ese conjunto de ingenieros agrónomos a los que en estas páginas hicimos alusión.

Conclusiones

A lo largo de las páginas precedentes, se realizó un seguimiento exhaustivo sobre el accionar del conjunto de ingenieros que fueron centrales en la creación y despliegue del silo-bolsa para granos secos. Desplegado en la Argentina desde los ensayos de investigación primigenios en 1995 hasta bien avanzada la primera década del 2000, este proceso colectivo, que no estuvo exento de algunos contratiempos en su avance, tuvo como principal “portavoz” de la innovación al ingeniero agrónomo Cristiano Casini, actor fundamental para el alineamiento y coordinación de un heterogéneo conjunto de elementos necesarios para el éxito de esa tecnología. Ello no se limitó a la creación de un mero artefacto, sino que continuó con su difusión, con el aprendizaje de competencias para su correcto uso entre muchos productores agrícolas y se extendió hasta la coordinación de un convenio de asistencia técnica que permitió a los silos-bolsa ser empleados en diversos cultivos, geografías y mercados agrícolas.

Si todos los artefactos tienen política (Winner, 1983), dada la capacidad que poseen para repercutir vitalmente en la ordenación de una sociedad (Bijker y Law, 1992), el caso del silo-bolsa para granos secos no fue la excepción al respecto. Esto no implica que los expertos del INTA hayan diagramado un

proyecto político, coherente y planificado, que aplicaron minuciosamente. Sin embargo, los ingenieros del INTA colaboraron a que una tecnología creada para acopiar temporalmente granos se extendiese como una infraestructura de almacenamiento capaz de dar soporte a los altos niveles de producción que han ido suministrando los campos de nuestro país en las últimas décadas. Lo que generó, a su vez, un “quiebre” en el modo de comercializar las cosechas que, aun en nuestra actualidad, resultan fundamentales para nuestra economía.

Bibliografía

- Abramovich, F. y Amarilla, C. (2011-12). Situación actual y perspectivas del comercio de granos en la Argentina. *Doc. CIEA (07)*. 151-182.
- Agritotal Vivo (2014a). *Evolución Tecnológica del almacenamiento de granos en Bolsas plásticas* [video] Youtube. miniurl.cl/pujz9f
- Agritotal Vivo (2014b). *Almacenamiento en Silo Bolsa y Calidad del grano* [video] Youtube. miniurl.cl/h5hdqt
- Agrofy (7 de diciembre de 2013). Silo bolsa y su efecto sobre los precios de la soja. <https://lc.cx/Rl6uqG>
- Arancibia, F. (2012). Las palabras y “las sojas”: un enfoque desde la sociología de la ciencia y la tecnología. *Apuntes de Investigación del CECYP (22)*, 81-95.
- Arrarás, J. (2024a). De tecnología de almacenamiento temporal a infraestructura permanente Intervención del silo-bolsa para granos secos en los mercados agrícolas de Argentina (1995- 2018). *Revista Papeles de Trabajo 18 (33)*. 19-47. <https://n9.cl/xac6f>
- Arrarás, J. (2024b). ¿Un invento argentino? Trayectoria inicial del sistema de almacenamiento en bolsas plásticas (1968-1997). (2024). *Pampa*, 30, e0085. <https://doi.org/10.14409/pampa.2024.30.e0085>
- Barker J. (2005). Engineers and political dreams: Indonesia in the satellite age. *Curr. Anthropol.* 46(5),703–27.
- Bartosik, R.E. y Rodríguez J.C. (1999). Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 8,4% de humedad en bolsas plásticas. Sistema silobag. Informe INTA-IPESA.
- Bennet, J. (2022). *Materia Vibrante. Una ecología política de las cosas*. Caja Negra.
- Benoit, M. y Knittel, F (2017). Une brève histoire de l’agronomie clinique depuis le XIXème siècle. Trois pratiques de l’observation in situ: les

- conférences agricoles, les tours de plaine et les ateliers Terrain. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 7 (2), 13-18. <https://hal.inrae.fr/hal-02622733>.
- Bergero, P. y Calzada, J. (15 de septiembre de 2017). Fuerte crecimiento de la capacidad de almacenaje de granos. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* 1825.
- Bergero, P. y Calzada, J. (6 de noviembre de 2015). 15% de la capacidad de almacenaje estática comercial está en los puertos graneleros del gran rosario. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* 1732.
- Bijker, W. y Law, J. (1992). *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. MIT Press.
- Rozadilla, B. y Calzada, J. (28 de septiembre de 2018). El silo bolsa en Argentina: almacenaje por 45 Mt/año y exportaciones por US\$ 50 M/año. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* 1877
- Bustos, E. (15 de septiembre de 2014). Cristiano, el genio del silobolsa. *El Federal*. shre.ink/SRko
- Brieva, S. y Ceverio, R. (2009). Procesos de resignificación de tecnologías en la agricultura argentina: el uso de silo – bolsa en los últimos años [Ponencia] XII Jornadas Interescuelas Departamentos de Historia. Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina. lc.cx/3BxnPo
- Callon, M. (2006). Luchas y negociaciones para definir qué es y qué no es problemático: la socio-lógica de la traducción. *Redes*, 12(23), 105-128. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/610>
- Callon, M. (1998). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico. En Doménech, M. y Tirado, F. (comps) *Sociología simétrica. Ensayos sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 143-170). Gedisa.
- Calzada, J.; Rozadilla, B. y Terré, E. (2018) En la campaña 2018/19 podrían usarse 250 mil silos bolsas para guardar 45 Mt de granos con una facturación de 500 millones de dólares. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* N° 1879.
- Camarero, M.J. (2016). Capacidad de Almacenaje en Argentina. MAGYP.
- Carlson, W. (1992). Artifacts and Frames of Meaning: Thomas And His Managers, and the Cultural Construction of Motion Pictures. En Bijker, W. y Law, L. (comps) *Shaping technology/building society: studies in sociotechnical change* (pp. 205-224). MIT Press.

- Casini, C. y Santa Juliana, M. (2009) Control de insectos en granos almacenados. Agrolluvia.com.
- Dalzell, F. (2010). *Engineering Invention: Frank J. Sprague and the U.S. Electrical Industry*. The MIT Press.
- Della Valle, C., Mozeris, y G., Moraña, E. (1993). Almacenamiento de granos. Análisis de la capacidad instalada en la República Argentina. Dirección de producción Agrícola, Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires, Argentina.
- Delvenne, P. (2020). Suspended commodification: assetization and the politics of silobolsa in Argentine soybean agriculture. *Journal of Cultural Economy* (6), 10.1080/17530350.2020.1761429
- Domènech, M. y Tirado, F. (1998). Claves para la lectura de textos simétricos. En Domènech, M. y Tirado, F. (comps.) *Sociología simétrica. Ensayos sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 13-50). Gedisa.
- Eggenmüller, A.;Scherer, L.;Notter, E.;Bellan, H. y Wagler, W.(1972) *U.S. Patent No. 3.687.061*. U.S. Patent and Trademark Office.
- García Díaz, P. (2007). *Bruno Latour y los límites de la descripción en el estudio de la ciencia* (Tesis doctoral). Universidad de Granada.
- Gárgano, C. (2018). Ciencia, Tecnología y Mercado: Investigaciones en Arroz en el INTA Argentino. En *J. Technol. Manag. Innov.* 13(1), 75-83.
- Gatti, N.(2015).Evaluación económica de la innovación: el caso del silobolsa. *Revista RIA* 41(1) 57-63.
- Graciano, O. (2004). Los caminos de la ciencia. El desarrollo inicial de las Ciencias Agronómicas y Veterinarias en Argentina, 1860-1910, *Signos Históricos*, (12), 8-36.
- Grosso, S. (2010) Algunas herramientas teóricas para comprender la relación entre agrónomos, sistemas de conocimiento y territorios [Ponencia] XIII Jornadas Nacionales de Extensión Rural. Potrero de Funes, Argentina.
- Hughes, T. (2013). La evolución de los grandes sistemas tecnológicos. En Thomas, H. y Buch, A. (coord.) *Actores, actores y artefactos. Sociología de la tecnología* (pp. 101-146). Universidad Nacional de Quilmes Edit.
- Hughes, T. (1998). *Rescuing Prometheus*. Random House.
- Hughes, T. (1993). *Elmer Sperry: Inventor and Engineer*. Johns Hopkins UP
- Infocampo (4 de enero de 2008) Aumentó el uso de bolsas de silo. <https://lc.cx/H0TkQ5>

- INTA (2014). *Almacenamiento de granos en silo bolsa: resultados de investigación 2009 - 2013*. INTA
- INTA (2009). *Almacenamiento de Granos en Bolsas Plásticas. Resultados de Investigación Convenio de Vinculación Tecnológica INTA-empresas fabricantes de bolsas plásticas*. PRECOP II.
- INTA Informa (2014). El silo bolsa le generó al país más de 10 mil millones de dólares. <https://lc.cx/1lgofm>
- Johnson, W.; Marpoe, R.; y Cox, L. (1990). *U.S. Patent.No. Re. 33491*. U.S. Patent and Trademark Office.
- La Nación (25 de octubre de 2003). Uso correcto del silo de bolsa plástica. <https://lc.cx/22kynp>
- La Nación (17 de mayo 2003). Una amplia oferta en capacitación. <https://lc.cx/uVBbCk>
- La Nación (17 de agosto de 2002). Rastrojos, nuevos genes y un paso más allá. <https://lc.cx/AuBbCk>
- La Nación (1 de junio 2002). Una nueva opción para el almacenaje. <https://lc.cx/8kjh7R>
- La Nación (25 de mayo 2002). Variedades de alto rendimiento. <https://shre.ink/SRQM>
- La Nación (24 de marzo 2001). Crece el almacenaje de grano seco en bolsas de polietileno. <https://shre.ink/SRQT>
- Lapegna, P. (2012). La soja transgénica como objeto de investigación: un blanco móvil. *Apuntes de Investigación del CECYP* (22), 97-105.
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora*. Gedisa Editorial.
- Latour, B. (1995). Dadme un laboratorio y moveré el mundo. En Iranzo, J (coord.), *Sociología de la ciencia y de la tecnología*, CSIC, 237- 258.
- Latour, B. (1993). Etnografía de un caso de ‘alta tecnología’: sobre Aramis. *Política y Sociedad* (14), 77.
- Latour, B. (1987). *Ciencia en Acción. Cómo seguir a científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Labor.
- Law, J. y Callon, M (1988). Engineering and sociology in a military aircraft project: A network analysis of technological change. *Soc. Prob.* 35, 284–297.
- Leguizamón, A. (2022). *Las semillas del poder*. UNSAM Edita.
- MacKenzie, D. (1996). *Knowing Machines. Essays on technical change*. MIT Press.
- MacKenzie, D. (1989). *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. MIT Press

- MacKenzie, D. y Wajman, J (1985). *The Social Shaping of Technology*. Open University Press.
- Maquinac. (2 de diciembre de 2013). Se jubiló Cristiano Casini, prócer del silobolsa. <https://shre.ink/SRQ1>
- Mol, A. (2010). Actor-Network Theory: sensitive terms and enduring tensions. *Kölner Zeitschri für Soziologie und Sozialpsychologie. Sonderhe* 50. 253-269.
- Monti, F. (14 de febrero de 2001). La siembra directa como forma de vida. *La Capital de Rosario*. <https://shre.ink/SRkE>
- Olivieri, N. (2009). INTA en INTA (ed.) *Almacenamiento de Granos en Bolsas Plásticas. Resultados de Investigación Convenio de Vinculación Tecnológica INTA-empresas fabricantes de bolsas plásticas*. PRECOP II.
- Oliverio. G. y López, G. (2008). Infraestructura Básica Capacidad de Almacenamiento. Producir Conservando. https://lc.cx/0al_jX
- Pardo-Guerra, J. (2019). *Automating Finance: Infrastructures, Engineers, and the Making of Electronic Markets*. Cambridge University Press.
- Pierri, J. y Orlando, E. (2014). Evolución económica de la producción de granos 1980/2010. En Pierri, J. (Coord.) *Producción y comercio de granos 1980/2012*. Biblos.
- Pinch, T. y Bijker, W. (2013). La construcción social de hechos y artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. En Thomas, H. y Buch, A. (coord.) *Actores, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Revista Producción Agroindustrial del NOA (2002, edición septiembre/octubre) Noticias INTA.
- Trigo, E. y Cap, E. (2006). *Ten years of GM Crops in Argentine Agriculture*. ArgenBio,
- Veblen, T. (1921 [2001]). *The Engineers and the Price System*. Batoche Books. Kitchener.
- Winner, L. (1983). Do Artifacts Have Politics? En MacKenzie, D. (ed.) *The Social Shaping of Technology*. Open University Press.
- Winner, L. (1977). *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*. MIT Press.