

# **Agricultura y cambio tecnológico en el Cono Sur Sudamericano. Mecanización durante la primera globalización (1870-1930)**

## **Plan de Investigación: Doctorado en Economía**

**Universidad de Zaragoza**

Pablo Santiago Castro Scavone<sup>♦</sup>

Tutores: Henry Willebald y Vicente Pinilla

### **Resumen: una visión general de la tesis**

El principal objetivo de esta investigación es estudiar la importancia del progreso tecnológico en el desempeño productivo del Cono Sur agrario durante la primera globalización (1870-1930). Se adopta una mirada regional e histórica para analizar la importancia del cambio técnico en el crecimiento de la producción agraria de los países de la región y, en particular, estudiar una de sus expresiones destacadas en el período, la mecanización agrícola.

Para cumplir con el objetivo de la investigación se sigue una estrategia basada en dos etapas. Inicialmente, se propone, en primer lugar, determinar cuál es la importancia que cabe atribuirle al uso de factores productivos y a las ganancias de eficiencia para explicar el crecimiento de la producción agraria de los países del Cono Sur –Argentina, Chile y Uruguay– en el período de análisis y, en segundo lugar, se propone obtener una medida de la importancia de la mecanización en las ganancias de eficiencia. Para ello, se estima la productividad total de los factores (PTF) agraria de Argentina, Chile y Uruguay en el período 1870-1930 y, a partir de la información obtenida, se cuantifica la importancia que cabe atribuirle a la mecanización. La principal hipótesis es que el crecimiento de la producción agraria del Cono Sur en el período de análisis se debió, fundamentalmente, al incremento de factores productivos y, en particular, a la expansión de la frontera agrícola. Sin embargo, existieron ganancias de eficiencia positivas y los resultados entre países difieren. Argentina lideró el proceso de incorporación de tecnología y lo hizo fundado en un importante desarrollo de la mecanización agrícola que le permitió, acompañado por una mayor diversificación de su estructura productiva y una creciente participación de la actividad agrícola, alcanzar mayores niveles de eficiencia que sus vecinos Chile y Uruguay en el período analizado.

Una vez que se obtiene una medida del progreso técnico y su incidencia en el crecimiento de la agricultura del Cono Sur durante el período, así como la magnitud de la importancia que cabe atribuirle a la mecanización de las tareas agrícolas, nuevas preguntas pueden ser formuladas. En la segunda etapa de la investigación, interesa, en particular, conocer el proceso de difusión y adopción de la tecnología mecánica, porque, de su análisis, se profundizará en el estudio del

---

<sup>♦</sup> [pablo.castro@iecon.ccee.edu.uy](mailto:pablo.castro@iecon.ccee.edu.uy)

desempeño productivo de los países del Cono Sur, sus marchas y contramarchas y sus diferencias. Para avanzar en ello, se propone, en primer lugar, realizar una completa sistematización del parque de maquinaria agrícola de las regiones que componen el Cono Sur, que permita analizar cuál fue la dinámica que siguió la difusión y adopción de la mecanización de la agricultura en términos de su evolución en el período y su expansión geográfica. Siguiendo la metodología propuesta originalmente por Griliches (1957), se propone construir un indicador de la difusión y adopción de la tecnología mecánica –con desagregación temporal y espacial (provincias/departamentos)– basado en la estimación de modelos de difusión. Se optará por el uso de funciones logísticas regionales que permitan obtener y analizar los parámetros de la función –el origen, el coeficiente de difusión y el límite o “techo” del proceso– y obtener información valiosa para el análisis histórico y geográfico. La principal hipótesis es que la difusión de la mecanización siguió la pauta de especialización agrícola de los países de la región y, si bien, el proceso tuvo su origen en la zona agrícola del Cono Sur, con un importante liderazgo de la pampa argentina, seguida por el sur y litoral de Uruguay y la zona costera de Chile, luego se extendió con diferentes ritmos de difusión al resto del territorio.

Finalmente, una vez que se cuenta con un indicador de difusión y adopción de la mecanización agrícola de los departamentos/provincias que componen el Cono Sur en el período analizado, interesa conocer cuáles son los factores que explican la dinámica de difusión y adopción de la mecanización agrícola. Se adopta un enfoque evolucionista y neoshumpeteriano del cambio técnico para comprender la naturaleza y evolución que ha seguido la mecanización agrícola, y la propuesta es construir una base de datos de variables –con variación temporal (referencias temporales en el período 1870-1930) y espacial (departamentos y provincias)– representativas de los factores que, a priori, tienen capacidad para explicar la difusión y adopción de la mecanización. A partir de ello se propone realizar dos ejercicios econométricos complementarios. El primer ejercicio se basa en un análisis multivariante que permite explicar los tres parámetros estimados del modelo de difusión, a partir de considerar valores promedio de las variables explicativas. En el segundo ejercicio la variable dependiente es un indicador de mecanización agrícola que permite explotar tanto la variación temporal como espacial de las variables en el modelo. Para ello, se construye un panel de datos y se estima un modelo de efectos aleatorios compuesto por un conjunto amplio de variables explicativas de distinta naturaleza. La hipótesis general es que la difusión y adopción de la mecanización agrícola en el Cono Sur respondió al efecto conjunto de factores vinculados con las características de las explotaciones, la dinámica económica, las características de los agricultores y de la innovación y las condiciones del entorno, donde la presencia de redes innovación adquirieron un papel destacado.

**Palabras claves:** Difusión de la tecnología, mecanización agrícola, economía regional, Cono Sur, Productividad total de los factores.

## **1. Introducción y justificación del tema objeto de estudio**

En el marco de la segunda revolución industrial, de la cual Europa Occidental y Estados Unidos fueron sus destacados representantes, tuvo lugar a escala mundial un crecimiento del comercio internacional, de tal amplitud, que se denominó la Primera Globalización (1870-1913). Los cambios técnicos de esa época, fruto de la revolución industrial (buque a vapor, ferrocarril, telégrafo), y su difusión a escala global “acortaron” las distancias e hicieron posible una profundización sin precedentes de los vínculos comerciales entre las regiones del planeta.

El esquema de división internacional del trabajo que se configuró a partir de la Primera Globalización se construyó sobre la poderosa idea de las ventajas comparativas, de modo que, a América Latina –abundante en recursos naturales– le correspondió ser abastecedor mundial de materias primas y alimentos. De la mano de una creciente demanda internacional y un desarrollo sin precedentes del transporte y las comunicaciones, América Latina se brindó al mundo, no sin antes, pasar por una etapa de profundos cambios internos, sin los cuales, hubiera sido una quimera participar del floreciente comercio internacional.

La historiografía agraria latinoamericana se ha ocupado de estudiar esta etapa de la historia de América Latina. La visión clásica, de profundo arraigo en los historiadores, utilizó la denominación “modernización” para referirse al conjunto de cambios técnicos, económicos, sociales y políticos que moldearon la vida rural – y urbana– de los países de la región. Recientemente, algunas posturas revisionistas, confrontando con la visión clásica, fundamentalmente, con el diagnóstico del atraso agrario y sus causas, han preferido destacar que se trató de una etapa de “transición al capitalismo” en la cual el sector agrario hizo una contribución relevante (Moraes, 2003). Otros autores han preferido poner el énfasis en la dinámica del comercio exterior y su influencia en el crecimiento y denominar a este período como de “crecimiento hacia afuera”, “crecimiento guiado por las exportaciones” o “modelo de crecimiento agroexportador”.

A su vez, aun reconociendo la heterogeneidad de América Latina, se ha procurado encontrar características comunes en países y regiones dadas por las condiciones naturales o por los procesos históricos sobre los cuales se sentaron las bases de los desarrollos nacionales (Cardozo y Faletto, 1969; Furtado, 1974; Sunkel y Paz, 1979; Bértola y Ocampo, 2010). Bértola y Ocampo (2010), siguiendo estudios previos, sugieren que, si se consideran el tipo de productos con destino a la exportación y las características del mercado de trabajo, se pueden clasificar a los países en tres grupos: (a) agricultura de subsistencia y minería, (b) agricultura tropical y (c) agricultura de clima templado. La región del Cono Sur, integrada por Argentina, Chile y Uruguay, completa el grupo (c) de economías de clima templado. Los autores encuentran que, en el período 1870-1930, la región del Cono Sur presentó, en términos relativos, (i) mayor dinamismo en la incorporación de

trabajadores –en una región de baja densidad demográfica– con un fuerte componente de inmigración europea, (ii) mayor dinamismo de incorporación de Inversión Extranjera Directa (IED) por habitante, fundamentalmente proveniente de Gran Bretaña, (iii) mayor desarrollo de la infraestructura de transporte medida a través del tendido de vías férreas, (iv) mayor volumen de exportaciones y mayor diversificación de productos y destinos, y (v) mayores niveles de crecimiento económico, tanto en términos absolutos como en términos per cápita (en un contexto de alto crecimiento poblacional). De modo que, la región del Cono Sur presentó, durante la Primera Globalización, un desempeño productivo destacado con relación al conjunto de América Latina.

No es casual que, ante este relativo liderazgo regional, existiera la idea, bastante generalizada, de que la región sur de América tenía todas las condiciones para desarrollar las fuerzas productivas hasta el punto de compararse con los países ricos. Como señala Sartelli (1995), el asombro precedió al desencanto. El caso de Argentina fue, tal vez, el más paradigmático, aunque Uruguay y Chile no se quedaron atrás. “Calificar a la Argentina de «subdesarrollada», en el sentido en que hoy se toma la palabra, se hubiese juzgado irrisorio. No solo tenía un elevado ingreso per cápita, sino que su crecimiento era uno de los más acelerados del mundo” (Díaz Alejandro, 1970, p. 17). A la pujante industria ganadera argentina, que representaba cerca del 90% de las ventas al exterior en 1880, le siguió una verdadera revolución en la canasta de exportaciones con un significativo ascenso de la agricultura –fundamentalmente en la región pampeana–. El área sembrada con los principales productos agrícolas –maíz, trigo y lino– pasó de 1,6 millones de hectáreas en 1875 a 18 millones en 1925-29, la tasa de crecimiento del producto agrícola fue superior al 8%. Según Hora (2012), esta expansión se apoyó sobre tres pilares, el desarrollo ferroviario, que hizo posible la expansión de la frontera agrícola, el arribo de inmigrantes y el creciente uso de maquinaria agrícola.

La región del Río de la Plata integrada por Argentina y Uruguay presenta características comunes, y la histórica importancia de la producción ganadera es una de ellas. Sin embargo, mientras que Argentina diversificó la producción de materias primas y alimentos con destino al exterior, Uruguay mantuvo su especialización ganadera durante todo el período. No en vano, la visión clásica de la historiografía nacional denominó al Uruguay del siglo XIX y principios del XX como una “civilización ganadera” (Barrán y Nahum, 1977). Desde esta visión se ha atribuido un lugar complementario a la agricultura y se le ha imputado a su atraso la prevalencia de “minifundios, el alto peso de la aparcería y el arrendamiento, la falta de crédito, los defectos del sistema de comercialización, el monopolio molinero, y, en términos más generales, la carencia de brazos, de conocimientos científicos del agricultor, y de tecnificación” (Barrán y Nahum, 1967, p. 289). Sin embargo, estudios recientes basados en nuevas fuentes de información han cuestionado el papel dominante y homogeneizador del latifundio ganadero y han destacado la presencia de numerosos establecimientos que desarrollaron una

producción diversificada y orientada hacia el mercado interno y regional (Beretta, 2010). En esta investigación, aportando nueva información y revitalizando el análisis sectorial y regional, se pretende aportar elementos novedosos que permitan enriquecer este debate.

Chile no fue, como Argentina, uno de los principales exportadores de productos agrícolas del mundo en este período. Tal vez fue, por esta razón, que la historiografía chilena ubicara a la agricultura en un lugar de importancia menor en el desarrollo nacional, e incluso, según se señala en la visión clásica, fuera responsable de la falta de dinamismo y señalada como un caso de sector atrasado y fuente de obstáculos estructurales para el desarrollo económico (Bauer, 1975; Bengoa, 1990). Sin embargo, el cuestionamiento a esta visión convencional no ha estado ausente, estudios específicos en el marco de una visión revisionista han señalado que “en la Era del Salitre se había verificado una expansión y transformación de la agricultura como parte de un amplio proceso de modernización que tuvo lugar en los distintos sectores de la economía” (Robles, 2008, p. 115). De modo que, el desempeño económico de la agricultura chilena se habría expresado en su capacidad para abastecer un mercado interno en crecimiento, fruto de la urbanización, la industrialización y el crecimiento de la industria salitrera. El incremento de la producción agrícola, la especialización regional –granos en La Frontera, ganadería y vitivinicultura en Chile Central–, la diversificación de la producción, incorporando cultivos no tradicionales, resultó de la expansión de la frontera agrícola y del incremento de la productividad debidos, en parte, a las innovaciones tecnológicas como, por ejemplo, la introducción de maquinaria agrícola, la construcción de canales de regadío, la experimentación con variedades de semillas, la difusión de conocimientos técnicos, entre otros (Cariola y Sunkel, 1982).

Hasta aquí, podemos señalar que, durante la Primera Globalización (1870-1930), la región del Cono Sur sudamericano fue testigo de una expansión económica de destacables dimensiones y que la dinámica del sector agropecuario, aún con diferencias entre países, fue un elemento central. Las causas que explican la expansión del Cono Sur agrario son muchas y muy variadas, en esta investigación se propone contribuir al estudio del desempeño económico agropecuario de la región, a partir de determinar cuáles fueron las fuentes directas de ese crecimiento (Maddison, 1995; Abramovitz, 1989). En particular, interesa preguntarse ¿en qué medida el incremento de la producción agropecuaria de los países del Cono Sur en el período 1870-1930 se debió al incremento en el uso de los factores productivos (tierra, capital y trabajo) o a ganancias de eficiencia y, en el último caso, que importancia cabe atribuirle a la mecanización de la agricultura? De modo que la primera contribución de la tesis es estimar la Productividad Total de Factores (PTF) de los países del Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930). A partir de ello, será posible determinar en qué medida el progreso técnico permitió, junto a la dinámica de acumulación de factores, dada,

fundamentalmente, por la expansión de la frontera agrícola y la creciente dotación de trabajo fruto del arribo de un gran contingente de inmigrantes, ampliar la producción de materias primas y alimentos. A su vez, en el entendido de que la mecanización agrícola tuvo una importancia destacada dentro de los cambios tecnológicos del período, interesa preguntarse acerca de su relevancia. Una primera aproximación se alcanza cuantificando la importancia de la mecanización en las ganancias de eficiencia estimadas. Para ello, se sigue una metodología basada en una pequeña modificación de la ecuación de crecimiento utilizada para estimar la PTF, lo cual permite obtener una medida de la importancia que cabe atribuirle a la mecanización agrícola en el proceso (González Delgado, 1989).

Por otra parte, si bien no es posible determinar con certeza la importancia que cabe atribuirle al “cambio tecnológico –distinguiéndolo de los demás factores– para generar aumentos en la productividad de recursos que constituye el centro del proceso de crecimiento, está claro que la contribución del cambio tecnológico tendrá que establecerse a través del estudio de la difusión. Sólo de esta forma podremos desarrollar una comprensión más aproximada de la rapidez con que las nuevas técnicas, una vez inventadas, han sido traducidas a hechos de importancia económica” (Rosenberg, 1979, p. 208). En el período que estamos analizando, caracterizado por la transición al capitalismo agrario, es un lugar común la importancia que se le ha atribuido a la mecanización de la agricultura en el desempeño productivo del Cono Sur.

En el terreno de la retórica es donde el matrimonio modernización-mecanización se visualiza con mayor claridad. Las élites terratenientes de la región formadas por ganaderos y agricultores con un eufórico espíritu capitalista, formaron en los países del Cono Sur Asociaciones de productores, las cuales “estaban llamadas a cumplir un importante rol en la construcción del capitalismo y de la sociedad civil” (Beretta, 2011, p. 43). En 1866 se fundó la Sociedad Rural Argentina (SRA), unos años después –en 1869– se refundaba en el Valle Central de Chile la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) –iniciada en 1838– y, finalmente, en 1871 se fundó la Asociación Rural del Uruguay (ARU). La investigación que aquí se propone no puede dejar de atender este singular rasgo institucional del Cono Sur agrario. Una parte importante de la historia de la mecanización agrícola del Cono Sur la cuentan los productores nucleados en estas asociaciones rurales, su espíritu capitalista, el lugar privilegiado que ocuparon en el ideario colectivo, su peso económico y, fundamentalmente, político, con los cuales alentaron e impulsaron el proceso de mecanización agrícola, porque con él impulsaba la modernización de la agricultura y de la sociedad. Conocer el proceso de conformación de las asociaciones de productores que llevaron la bandera de la modernización, sus éxitos y sus fracasos, permite identificar aspectos ocultos en las estadísticas del proceso de mecanización agrícola, sus marchas y contramarchas y su viabilidad en un contexto específico. Algunos autores, basados en este tipo de análisis, han propuesto una lectura alternativa a la visión

tradicional de que el atraso de la agricultura resultó un freno a la modernización de la región (Djenderedjian, 2011; Robles Ortiz, 2010 y 2008; Beretta, 2011). De manera que, un estudio detallado del rol de estas instituciones, su influencia en la conformación de redes regionales de innovación y su importancia en el proceso de mecanización agrícola del Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930) es la segunda contribución de esta investigación.

Ahora bien, este tema ha venido ocupando recientemente un lugar destacado en la historiografía agraria de la región, sin embargo, no se cuenta con un análisis sistemático que permita determinar cuáles fueron las principales características del proceso de mecanización de la agricultura de los países del Cono Sur, desde una óptica regional e histórica. La ausencia de un análisis regional oculta un aspecto central del cambio tecnológico que es la diversidad de las opciones tecnológicas que enfrentan las provincias/departamentos, de acuerdo con múltiples factores como la dotación de recursos naturales, la disponibilidad de fuerza de trabajo y de capital, la estructura agraria –concentración y tenencia de la tierra–, que, entre otros factores, caracterizan a cada territorio en el que se realizan las actividades productivas. De modo que, la tercera contribución de esta investigación se basará en un análisis cuantitativo del proceso de difusión y adopción de la mecanización de la agricultura en las provincias/departamentos que componen el Cono Sur durante la Primera Globalización (1870-1930). Para cumplir con este objetivo, se propone complementar un análisis descriptivo del proceso de difusión y adopción de la mecanización con un análisis interpretativo que permita determinar cuáles fueron los factores que alentaron o frenaron el proceso de mecanización de las tareas agrícolas en la región del Cono Sur durante el período de análisis.

Para cumplir con el objetivo de describir el proceso de difusión y adopción de la mecanización, se parte de una completa caracterización del parque de maquinaria agrícola atendiendo las características de sus componentes principales –el tipo de maquinaria y su uso–, su evolución en el período y sus diferencias regionales. En términos conceptuales, se parte de la idea de que la dinámica que sigue la introducción de los implementos mecánicos en la producción agrícola responde a un proceso de lenta adopción –y sustitución de otras técnicas– que constituyen una primera etapa de aprendizaje, difundiéndose luego al entramado productivo aprovechando las ventajas en términos de eficiencia y reducción de costos. Finalmente, el proceso alcanza un período de saturación que coincide con el surgimiento de nuevas técnicas de producción que, progresivamente, sustituyen a la entonces imperante. Se trata de una conceptualización que recoge el carácter localizado y dependiente del pasado del cambio técnico y la innovación. Se propone construir un indicador basado en la aplicación de modelos regionales –considerando departamentos/provincias– de difusión que permitan determinar la dinámica de adopción y difusión de los principales implementos mecánicos utilizados en la producción agrícola. El análisis se centrará en la estimación de modelos de difusión basados en la aplicación de funciones logísticas, lo cual

permitirá obtener y analizar los parámetros estimados de la función –el origen, la tasa de crecimiento y el agotamiento o “techo” del proceso– y obtener información valiosa para el análisis histórico y geográfico (Griliches, 1957).

En los últimos años, el renovado interés por el análisis regional en América Latina ha permitido obtener cuentas regionales históricas del Valor Agregado Bruto (VAB).<sup>1</sup> De modo que se cuenta con novedosa información para los departamentos/provincias del Cono Sur del VAB agropecuario con un nivel de desagregación que permite diferenciar entre actividades pecuarias y agrícolas y, dentro de estas últimas, entre producción de cereales y otros cultivos. Esta valiosa información regional para el sector agrario del Cono Sur permite ubicar el problema de la mecanización desde una óptica regional y sectorial. De modo que, se propone integrar al análisis descriptivo de la mecanización con la información referente a la especialización y diversificación productiva regional. Una de las hipótesis centrales es que durante el período de análisis se conformó una zona de especialización agrícola cerealera que fue, históricamente, la portadora de la mecanización de las actividades en el medio rural y que, si bien la difusión y adopción de los implementos mecánicos respondió a un proceso de prueba, experimentación y aprendizaje, que se inició en las zonas agrícolas, luego se fue paulatinamente, difundiendo al resto de la región.

Una vez que se cuenta con una descripción del proceso de difusión y adopción de la mecanización agrícola desde una óptica histórica, regional y sectorial, es posible avanzar en un análisis de los factores que condicionan este proceso. La falta de consenso en la historiografía latinoamericana sobre el rol que cabe atribuirle a los factores determinantes en el proceso de mecanización constituye una motivación adicional para realizar esta investigación. Es probable que haya existido un desbalance entre la discusión conceptual y el respaldo de información necesaria para dotar al análisis de mayor consistencia. En esta investigación, se propone comenzar a saldar esta falencia. Para ello, se parte de un estudio que integra al análisis cualitativo sobre la importancia de las redes regionales de innovación y el rol de las influyentes, en la época, asociaciones de productores, con un análisis cuantitativo que aporta nuevos elementos de análisis al proceso de difusión y adopción de la mecanización desde una mirada regional, sectorial y de largo plazo. Es en este marco que se propone abordar el problema de los determinantes de la mecanización agraria.

Para ello, se construye una base de datos amplia de variables con desagregación departamental/provincial representativas de los factores que, a priori, se espera

---

<sup>1</sup> Las principales fuentes que reportan información estadística del VAB agropecuario regional son: Badía-Miró (2015) para el caso chileno, las estimaciones realizadas por Cortés Conde (1994) y recientes trabajos realizado por Talassino (2015) y Aráoz y Nicolini (2015) para el caso argentino; para el caso de Uruguay, las estimaciones disponibles son las realizadas por Castro-Scavone (2017) y Castro-Scavone y Willebald (2018)



sean relevantes para explicar el proceso de difusión y adopción de la tecnología mecánica en el Cono Sur. La propuesta se basa en realizar dos ejercicios complementarios. El primer ejercicio se basa en explicar las diferencias regionales captadas a partir de la estimación de los modelos de difusión. Mediante un análisis multivariante se puede poner a prueba la influencia de las variables que a priori, se espera sean significativas para explicar las diferencias regionales en el origen del proceso de adopción y difusión de la mecanización, la rapidez de su difusión y su "techo" o agotamiento. El segundo ejercicio se basa en un análisis de datos de panel que permite explotar la variabilidad espacial y temporal de los datos, especificando un modelo con una gran cantidad de variables. En este ejercicio, la variable dependiente del modelo surge de la propuesta realizada por Martínez Ruíz (2000) mediante la cual se puede obtener una medida de la producción que incorpora conocimiento nuevo, que en este caso se expresa en la producción mecanizada (ver Sección 4.3.1).

## **2. Objetivos y preguntas que busca responder el proyecto**

El principal objetivo de esta investigación es estudiar la importancia del progreso técnico en el desempeño productivo del Cono Sur agrario –Argentina, Chile y Uruguay– durante la primera globalización (1870-1930). Se propone analizar la importancia del cambio técnico en el crecimiento de la producción agraria de los países de la región y, en particular, estudiar una de sus expresiones destacadas en el período, la mecanización agrícola. El objetivo general se aborda a partir de cinco objetivos específicos. En términos generales, el cumplimiento de los objetivos (i), (iii) y (iv) habilitan la redacción de tres artículos cuya consistencia interna permite tratarlos de forma independiente. Los objetivos (ii) y (v) son auxiliares para el cumplimiento del resto de los objetivos específicos y de la tesis de doctorado en su conjunto.

Para alcanzar este objetivo general se proponen cinco objetivos específicos:

- i. Determinar la importancia que cabe atribuirle a las ganancias de eficiencia para incrementar la producción agrícola de los países del Cono Sur durante la Primera Globalización (1870-1930) y cuantificar el efecto que, sobre las ganancias de eficiencia, le corresponde al proceso de mecanización de la agricultura (1° artículo).
- ii. Estudiar los principales rasgos de las redes regionales de innovación y, en particular, analizar el rol que cumplieron en ellas las asociaciones de productores de Argentina (SRA), Chile (SNA) y Uruguay (ARU).
- iii. Construir indicadores novedosos basados en modelos de difusión para estudiar el proceso de mecanización agrícola de las regiones – departamentos para el caso de Uruguay y Chile y provincias para el caso de

Argentina– que componen el Cono Sur sudamericano durante la Primera Globalización (1870-1930) (2° artículo).

- iv. Estudiar los determinantes del proceso de difusión y adopción de la mecanización agrícola en el Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930) (3° artículo).
- v. Construir una base de datos amplia y compuesta por series históricas de variables que expresen aspectos económicos y sociales del sector agrario en el Cono Sur, de carácter regional.

En la investigación se procuran responder las siguientes preguntas:

- (i) ¿En qué medida el incremento de la producción agropecuaria de los países del Cono Sur en el período 1870-1930 se debió al incremento en el uso de los factores productivos o a ganancias de eficiencia y, en el último caso, qué importancia cabe atribuirle a la mecanización de la agricultura?
- (ii) ¿Cuáles fueron las principales características del proceso de difusión y adopción de la mecanización agraria en el Cono Sur desde una perspectiva regional –departamentos/provincias–, sectorial y de largo plazo (1870-1930)?
- (iii) ¿Cuáles fueron los principales determinantes de la difusión y adopción de la mecanización agraria en el Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930)?

### **3. Marco teórico: el enfoque evolucionista y neoshumpeteriano del cambio técnico y su aplicación al sector agrario.**

La perspectiva evolucionista y neoshumpeteriana del cambio técnico y la innovación brinda un marco conceptual que permite atender la naturaleza compleja del cambio técnico y el estudio de su evolución a lo largo del tiempo, destacando su carácter tácito, acumulativo y dependiente del pasado (Nelson, 2003). A su vez, el proceso de generación, difusión y adopción de tecnología se enfrenta a un alto grado de incertidumbre y tiende a estar condicionado por el ambiente macroeconómico e institucional en el cual se desenvuelve (Nelson y Rosenberg, 1993). Por otra parte, en oposición al modelo lineal, que considera al cambio técnico como el resultado aplicado de la existencia de investigación en ciencias y la tecnología, el enfoque evolucionista adopta un enfoque sistémico, en el cual el proceso de aprendizaje, además de generarse en los canales formales, responde al carácter social del conocimiento y el marco institucional y productivo en el cual se desenvuelve. En este marco, adquieren importancia las redes de conocimiento y se desplaza la atención desde el individuo hacia el territorio. La

importancia de lo local se expresa en el rasgo interactivo de la innovación, en el cuál el carácter tácito, local y acumulativo del conocimiento tecnológico adquieren un papel destacado. Un instrumento valioso para el estudio del cambio técnico en el ámbito nacional y regional desde una perspectiva histórica es el de Sistema Nacional de Innovación (SNI) (Lundavall, 1992). Otros autores han destacado la importancia de contar con un instrumento analítico que recoja la especificidad del tipo de producción y le han dado una connotación sectorial al SNI, el cual muchas veces trasciende los límites geográficos de una nación volviéndose endógenos a los modelos tecnológicos dominantes en cada actividad (Malerba, 1992). Finalmente, el desarrollo de capacidades locales y sectoriales de la innovación no se circunscribe únicamente a tecnologías generadas en el ámbito local. Esto es especialmente importante en los países pobres, en los cuales es mayor la necesidad de adoptar tecnologías foráneas, absorberlas, adaptarlas, modificarlas para su aplicación eficiente en el proceso productivo. Si bien los autores evolucionistas se han ocupado, en mayor medida, de estudiar el proceso de innovación en el sector industrial, es posible utilizar algunas de sus ideas centrales en el análisis del sector agropecuario.

Pavitt (1984) distingue cuatro tipos de sectores que permiten ubicar a las industrias en un determinado esquema técnico productivo: *supplier dominated*, *scale intensive*, *specialized suppliers* y *science based*. El sector *supplier dominated* – dominado por los proveedores – permite clasificar a las industrias tradicionales y, en buena medida, puede adaptarse al sector agropecuario. En los sectores *supplier dominated* las fuentes de cambio técnico suelen ubicarse fuera del sector, como es el caso de las industrias productoras de insumos y bienes de capital, que proveen buena parte de las innovaciones que se incorporan en el sector agropecuario, o bien, de las instituciones de investigación y extensión en el ámbito estatal que juegan un rol destacado en la generación de conocimiento, en particular, en las mejoras que se dan a nivel del manejo en las actividades agrarias.

Por lo tanto, la generación y uso de las innovaciones en el sector agropecuario resulta de la relación entre las industrias ubicadas “hacia atrás” del sector, las instituciones públicas de investigación y el propio sector agropecuario. En este marco, la reducción del precio relativo de los insumos y bienes de capital en relación con los productos agropecuarios será un estímulo para la incorporación de medios de producción portadores de “lo nuevo” y, a la vez, su difusión un estímulo para la generación de innovaciones en las industrias proveedoras. Por otra parte, las instituciones públicas de generación y difusión tecnológicas juegan un papel relevante en el sector agropecuario, muchas veces son las encargadas de “acercar” al productor o viabilizar el uso práctico de “paquetes tecnológicos” que requieren para su adopción un aprendizaje previo, en ocasiones inexistente. La importancia de la investigación y el extensionismo en las actividades agrarias adquiere especial relevancia si se tienen en cuenta las condiciones específicas de esta actividad, en particular, el marcado carácter tácito del uso de la técnica

agrícola, en un medio que no puede ser industrializado por completo, sino que está sujeto a las condiciones naturales dadas por el clima, las características del suelo, los ciclos biológicos, etc. (Possas et al., 1996).

Aunque las fuentes principales de cambio técnico están fuera del sector agropecuario, no debe pensarse que la adopción de las nuevas técnicas resulta en un proceso automático, “la incorporación de nuevos medios de producción y/o de nuevas formas de hacer las cosas por la unidad agropecuaria implican un proceso de cambio técnico propiamente dicho en la unidad agropecuaria, proceso que puede ser más o menos complejo, pero que implica aprendizaje y modificaciones de la organización de la producción y, muchas veces, del propio producto, y que necesariamente debe procesarse en el interior de la unidad de producción agropecuaria” (Scarlatto y Rubio, 1994, p. 174). Las características que fueron señaladas del sector agropecuario –y en general en los sectores *supplier dominated*– otorgan un marcado protagonismo al mecanismo de aprendizaje (*learning by doing, learning by using*) en el proceso de difusión de las innovaciones. Indudablemente, desde esta perspectiva, el nivel tecnológico previo en las unidades productivas y el ritmo de aprendizaje y adopción de las nuevas técnicas será un determinante del ritmo de difusión del cambio técnico (Scarlatto y Rubio, 1994).

El sector agropecuario impone algunas restricciones específicas como la dependencia de las condiciones naturales del suelo, el clima, el carácter biológico de los procesos productivos y factores idiosincráticos que responden a la historia cultural y social de las regiones donde se desarrolla. De modo que, estas particularidades condicionan el sendero y ritmo de los cambios tecnológicos. La difusión de la tecnología como campo específico de estudio en la economía ha sido objeto de una gran cantidad de investigaciones basada en diversos enfoques y variadas metodologías. Los pioneros trabajos realizados por Mansfield (1961) y Rogers (1962) han destacado que la difusión de la tecnología no se produce de manera instantánea en la estructura económica y social. Asimismo, la innovación y la difusión no son procesos que puedan ser separados en compartimentos estancos, sino que se integran y refuerzan recíprocamente (Rosenberg, 1976; Metcalfe, 1981). A su vez, la difusión de la tecnología responde, en gran medida, a un proceso de imitación y se puede argumentar que se trata de un proceso discontinuo, caracterizado por períodos de aceleración y desaceleración de la difusión.

La información y la reducción de incertidumbre resultan factores claves en las primeras etapas de la difusión de una tecnología, en las cuales los individuos interactúan y aprenden –sobre la base de la experimentación– una nueva forma de hacer las cosas. Al principio el aprendizaje está sujeto a una gran cantidad de errores y adaptaciones hasta que, lentamente, se alcanza la capacidad de aprendizaje. En un sistema social la difusión juega un papel central, en el que cada

individuo –o adoptante– acepta o rechaza la innovación, en definitiva, la aceptación de una nueva idea es el resultado de la interacción humana (Rogers, 2003/1962). A su vez, los productores con menor aversión al riesgo son los primeros en adoptar una tecnología y, por lo tanto, la introducción de lo nuevo en el proceso productivo se difunde lentamente. Posteriormente, una vez que la información circula con mayor rapidez, la difusión se acelera y aumenta la cantidad de adoptantes. Finalmente, la difusión se enlentece hasta que, paulatinamente, los beneficios de la tecnología se agotan y se alcanza su madurez.

Desde este enfoque, la difusión de la tecnología puede ser modelada a través de una distribución normal que si se evalúa en términos acumulados adopta la forma de una “S”, capaz de ser representada por una función logística respecto al tiempo (Jarvis, 1981). La comunicación de las nuevas ideas –en particular, nuevas formas de hacer las cosas– entre individuos que forman parte de un entorno específico es lo esencial del proceso de difusión de la tecnología. Los individuos aprenden sobre la base de una trayectoria previa y en interacción permanente con sus pares en ese entorno. La adopción de la tecnología es un proceso dinámico que resulta de la experimentación en el uso de las nuevas técnicas y es la sucesiva adopción el proceso dinámico que explica la difusión de la tecnología. Algunos estudios empíricos han realizado propuestas novedosas, como es el caso de Griliches (1957), quien identificó la forma de “S” en el patrón de difusión del maíz híbrido y la maquinaria agrícola de Estados Unidos en el período (1933-1958) y Jarvis (1981) que analizó el patrón de difusión en la mejora de pasturas para el caso de Uruguay.

#### **4. Estrategia de investigación y actividades específicas**

La estrategia de investigación que se presenta a continuación permite cumplir con los objetivos de la investigación. El objetivo general, que se refiere a analizar la importancia del cambio técnico en el crecimiento de la producción agraria de los países de la región y estudiar el proceso de difusión y adopción de la mecanización agrícola, se alcanza a partir de una estrategia basada en 4 actividades específicas, cada una de las cuales permite abordar los objetivos específicos. La primera actividad es estimar la PTF de los países del Cono Sur –Argentina, Chile y Uruguay– en el período 1870-1930 y, obtener una medida de la importancia que cabe atribuirle a la mecanización en el incremento de productividad total (Sección 4.1). La segunda actividad específica se basa en el estudio e identificación de las redes regionales de innovación que moldearon y dinamizaron el proceso de innovación del Cono Sur en el período de análisis y, en el cual, la mecanización fue uno los procesos más destacados (Sección 4.2). En la tercera actividad específica se propone realizar una completa sistematización del parque de maquinaria agrícola de los países del Cono Sur. A partir del análisis cuantitativo y cualitativo del

proceso de mecanización será posible determinar los aspectos centrales del proceso, es decir, conocer cuáles fueron los principales implementos mecánicos utilizados de acuerdo a su destino en la producción, cuáles fueron sus principales características –requerimientos, complejidad técnica, capacidad de trabajo, etc.–, cuál fue su evolución en términos del perfeccionamiento de que fueron objeto, su evolución en el período y su expresión regional. Para realizar este análisis se propone recurrir a valiosa información que se ha generado recientemente y que da cuenta de series históricas del VAB agrario regional de los países del Cono Sur (Sección 4.3). Finalmente, en la cuarta actividad específica, se propone estudiar los determinantes del proceso de difusión y adopción de la mecanización agrícola en el Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930) a partir de dos ejercicios econométricos complementarios (Sección 4.4).

#### **4.1 La productividad total de los factores (PTF) en la agricultura y la incidencia de la mecanización.**

El cumplimiento del objetivo (i) permite responder la primera pregunta de la investigación, la cual refiere a conocer ¿en qué medida el incremento de la producción agropecuaria de los países del Cono Sur en el período 1870-1930 se debió al incremento en el uso de los factores productivos o a ganancias de eficiencia y, en el último caso, que importancia cabe atribuirle a la mecanización de la agricultura? La hipótesis es que el crecimiento de la producción en el Cono Sur se debió, fundamentalmente, al incremento de factores productivos y, en particular, a la expansión de la frontera agrícola. Sin embargo, existieron ganancias de eficiencia positivas y los resultados entre países difieren. Argentina lideró el proceso de incorporación de tecnología y lo hizo fundado en un importante desarrollo de la mecanización agrícola que le permitió, acompañado por una mayor diversificación de su estructura productiva y una creciente participación de la actividad agrícola, alcanzar mayores niveles de eficiencia que sus vecinos Chile y Uruguay en el período analizado.

Para responder la primera pregunta de la investigación se propone estimar la PTF y, siguiendo la propuesta realizada por González Delgado (1989), se realizan modificaciones convenientes para el caso de la agricultura y el análisis de la mecanización. Existen algunos antecedentes de trabajos que han realizado estimaciones de la PTF para los países del Cono Sur –Olavaria et al., 2004 para Chile, Lema y Brescia (2001) para Argentina, y Arancet y Calvete (2003) para Uruguay), sin embargo, se trata de estimaciones que cubren el siglo XX. Para el siglo XIX, las estimaciones son parciales y muy escasas –Moraes (2001) y Newland y Poulson (1998) son dos ejemplos de estimaciones para el sector ganadero de Uruguay y Argentina respectivamente–. Si bien en el período de esta investigación coincide con la publicación de estadísticas oficiales, la disponibilidad de información es una limitación para realizar este tipo de estimaciones. Se requiere

obtener datos de precios y cantidad de producción, trabajo, tierra de uso productivo, unidades ganaderas, maquinaria, abonos y fertilizantes y esta información no está disponible anualmente, de modo que, las estimaciones serán realizadas para los años de publicación de las estadísticas oficiales –censos agropecuarios, anuarios estadísticos, reportes de comercio exterior, etc.– las cuales no coinciden entre los tres países. En el Cuadro 2 del Anexo se reportan las fuentes de información y los años para los cuales existen datos.

Se parte del modelo de Solow (Ecuación 4.1) para captar el efecto entre la producción obtenida y los insumos utilizados.

$$Q = F [K, L, A_t] \quad (4.1)$$

Siendo,

Q: la producción total; K: el capital total; L: la fuerza de trabajo y  $A_t$ : el cambio técnico.

El modelo asume tres supuestos: (i) el cambio tecnológico es neutral, es decir, mejora la eficiencia de los dos factores productivos en igual magnitud y la relación de productividades se mantiene invariante (Ecuación 4.2), (ii) existe una situación de equilibrio en el mercado y los factores se remuneran de acuerdo con su productividad marginal y (iii) la función de producción total agregada es homogénea de grado 1, o sea, que presenta rendimientos constantes a escala (RCE).

$$Q = A_t \cdot F [K, L] \quad (4.2)$$

La función de producción agregada se representa con la función Cobb-Douglas con RCE (Ecuación 4.3)

$$Q = A_t \cdot K^b L^{1-b} \quad (4.3)$$

La ecuación 4.3 se puede expresar de la siguiente manera:

$$q = \frac{Q}{L} = A_t \frac{K^b}{L} \frac{1}{L^{1-b}} = A_t \left(\frac{K}{L}\right)^b = A_t k^b \quad (4.4)$$

De donde se deduce que la producción en relación al trabajo (q) depende del capital por unidad de trabajo (k) y del cambio tecnológico ( $A_t$ ). El parámetro b representa la elasticidad de la producción respecto al capital, que en la situación de equilibrio representa la participación del capital en la producción (Ecuación 4.5)

$$b = \frac{i K}{P Q} \quad (4.5)$$

Siendo P: el precio de producción e i: el costo o remuneración del capital.

Luego diferenciamos la ecuación 4.5 para obtener la ecuación 4.6

$$\frac{dq}{q} = \frac{dA_t}{A_t} + b \frac{dk}{k} \quad (4.6)$$

Finalmente, obtenemos una medida de la variación del progreso tecnológico (Ecuación 4.7), la cual surge de restar al cambio total en la producción por unidad de trabajo, el cambio en la producción dado por las variaciones totales del uso del capital por unidad de trabajo.

$$\frac{dA_t}{A_t} = \frac{dq}{q} - b \frac{dk}{k} \quad (4.7)$$

Para cuantificar el efecto de la maquinaria se realiza una modificación a la ecuación 4.7. El capital total utilizado en la producción agropecuaria se descompone en dos grupos. El primer grupo ( $k'$ ) corresponde a todo el capital considerado que no es maquinaria y el segundo grupo ( $m$ ) corresponde a la maquinaria. La ecuación 4.8 permite profundizar en el conocimiento del efecto de la maquinaria sobre la productividad.

$$\frac{dA_t}{A_t} = \frac{dq}{q} - w_{k'} \frac{dk'}{k'} - w_m \frac{dm}{m} \quad (4.8)$$

Siendo,  $w_{k'}$  la participación del capital ( $k$ ) en la producción por unidad de trabajo,  $k'$  es el insumo de capital por unidad de trabajo,  $w_m$  es la participación de la maquinaria en la producción por unidad de trabajo,  $m$  es el insumo de maquinaria por unidad de trabajo.

#### **4.2 Agricultura y cambio técnico en el Cono Sur (1870-1930), el rol de las redes de innovación.**

El estudio de las redes de innovación se funda en la interpretación que, en esta investigación, se hace del cambio técnico. Dado que el foco está puesto en la mecanización, se parte de reconocer que la maquinaria es uno de los factores tecnológicos que entran en juego en el proceso productivo, pero no es el único. Para comprender el proceso de innovación es necesario ubicar el uso de la maquinaria dentro de la secuencia de trabajo del productor, la cual, a su vez, está condicionada por el proceso social e histórico en la que tiene lugar.

El incremento y diversificación de la producción agropecuaria en la región durante el período de análisis fue posible gracias a la expansión de la frontera agrícola y la ocurrencia de profundos cambios en las condiciones de producción dentro de los cuales la tecnología tuvo una importancia destacada. Sin embargo, no se trató de un proceso automático, sino que las nuevas técnicas respondieron a un lento proceso de adaptación y difusión al medio local, en ocasiones, muy distinto al medio en el cual habían sido creadas. "Ciertas técnicas tradicionales continuaron utilizándose al menos hasta el final del siglo XIX, *pari passu* con los avances de la maquinaria de última generación; esta paradójica convivencia no es exclusiva de ningún sitio, y cualquier mirada más o menos atenta la encontrará por doquier, aun en zonas de alta productividad agrícola" (Djenderedjian, 2010, p. 8).



De modo que, el estudio de la mecanización debe ser complementado por un análisis tendiente a comprender las transformaciones que ocurrieron al interior de los sistemas de trabajo y las características del contexto local en la cual el proceso de mecanización tuvo lugar. Por lo tanto, un estudio basado en redes de innovación aporta elementos de análisis novedosos para el estudio de la mecanización. Se propone identificar los centros neurálgicos (nodos) de innovación y analizar los flujos de información que vinculan a los diferentes actores del sistema productivo agrario en la región. Desde la segunda mitad del siglo XIX el espacio agrario del Cono Sur se caracterizó por un proceso que, desde varios frentes, se propuso modernizar al sector y que tuvo en las Asociaciones de productores sus más fervientes impulsores. No es casual que, a partir de la segunda mita de la década de 1860, y en cinco años, se fundaran la Sociedad Rural Argentina (SRA) en 1866, unos años después –en 1869– se refundaba en el Valle Central de Chile la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) –iniciada en 1838– y, finalmente, en 1871, la Asociación Rural del Uruguay (ARU).

La permanente participación en el debate público de esta élite de agricultores progresistas, la presión que ejercieron en la política económica llevada adelante por el Estado, su rol –muchas veces pionero– en la acción de difundir y aplicar conocimiento nuevo –cultivos, variedades de semillas, razas de ganado, maquinaria agrícola, etc.– dan cuenta de la importancia de las Asociaciones de Productores en la modernización del agro en la región (Beretta, 2010; Robles, 2010; Djenderedjian, 2010). También jugaron un rol importante la instalación de colonias agrícolas, la importancia de algunos centros privados de envergadura y el creciente involucramiento del Estado. El caso de la provincia Argentina de Santa Fe da cuenta de la importancia de un aspecto que ha sido poco estudiado en la literatura, la fabricación nacional de implementos agrícolas. Frid y Tumini (2011) señalan que la presencia de colonias forjó la aparición de distritos cerealeros en los cuales se gestaron capacidades innovativas como resultado de la interacción entre agricultores y propietarios de pequeños talleres y empresas de fabricación de maquinaria con una gran capacidad para desarrollar implementos que se adaptaran a las necesidades locales. Este hecho adquiere aún mayor importancia si se tiene en cuenta que en la primera década del siglo XX, la industria Argentina de maquinaria agrícola abastecía el 30% del mercado interno (García, 1993). A su vez, el surgimiento de intermediarios favoreció el intercambio de información y experiencias entre los productores, a la vez que se destacan el papel jugado por las publicaciones especializadas (folletos, periódicos, libros, revistas), ferias y exposiciones difusoras de conocimiento local, regional e, incluso, internacional, como es el caso de la maquinaria agrícola. El Estado jugó un papel destacado en el período, algunas de sus contribuciones más importantes fueron la conformación de estaciones experimentales, desarrollando una importante tarea de extensión, difusión de material estadístico y formación de profesionales y técnicos en el ámbito agrario. Otros actores relevantes para el estudio de la innovación agraria y,

en particular, de la mecanización fueron las compañías comercializadoras de maquinaria agrícola, ya que ellas favorecieron la difusión de las nuevas herramientas en un mercado en crecimiento. En esta investigación se propone determinar cuáles fueron los actores que desempeñaron un rol destacado en la difusión y adopción de tecnología, cuáles fueron los medios de los que se valieron para desarrollar esta tarea, cuáles fueron sus características individuales y colectivas. Se recurre, para ello, un análisis histórico basado en la caracterización de las redes de innovación en el período de análisis.

### **4.3 La difusión y adopción de la mecanización agrícola. El uso de funciones logísticas regionales para medir su trayectoria.**

El cumplimiento del objetivo (iii) permite responder la segunda pregunta de la investigación, la cual se expresa de la siguiente manera: ¿Cuáles fueron las principales características del proceso de difusión y adopción de la mecanización agraria en el Cono Sur desde una perspectiva regional–departamentos/provincias–, sectorial y de largo plazo (1870-1930)? La principal hipótesis es que la difusión de la mecanización siguió la pauta de especialización agrícola de los países de la región y, si bien el proceso tuvo su origen en la zona agrícola del Cono Sur, con un importante liderazgo de la pampa argentina, seguida por el sur y litoral de Uruguay y la zona costera de Chile, luego se extendió con diferentes ritmos de difusión al resto del territorio.

Una revisión primaria de las fuentes permite afirmar que es posible obtener información desagregada para las 22 provincias argentinas (Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego, Tucumán), las 23 Provincias Chilenas (Tacna, Tarapaca, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Aconcagua, Valparaíso, Santiago, O'Higgins, Colchagua, Curicó, Talca, Maule, Linares, Ñuble, Concepción, Arauco, Bío-Bío, Malleco, Cautín, Valdivia, Osorno, Llanquihue, Chiloé y Aysén) y los 19 departamentos de Uruguay (Artigas, Canelones, Cerro Largo, Colonia, Durazno, Flores, Florida, Lavalleja, Maldonado, Montevideo, Paysandú, Río Negro, Rivera, Rocha, Salto, San José, Soriano, Tacuarembó y Treinta y Tres). Las referencias temporales del período de análisis 1870-1930 responde, fundamentalmente, a la publicación de censos agropecuarios y anuarios estadísticos en cada país, aunque otras fuentes secundarias pueden ser utilizadas.

Para responder la segunda pregunta de la investigación se sigue una metodología basada en la estimación de modelos de difusión de tecnología y de acuerdo con la estimación de funciones logísticas. El proceso de difusión y adopción de la mecanización agraria de los países del Cono Sur, su carácter acumulativo y su expresión local, pueden analizarse a partir de enfoques basados en modelos de difusión, cuya riqueza analítica se funda en su capacidad para

describir la evolución de la tecnología a partir de una trayectoria con forma de “S”. Mediante esta caracterización se pueden identificar varias etapas a lo largo del ciclo evolutivo de la tecnología. “Pese a sus variaciones específicas individuales, buena parte de las tecnologías tiende a seguir una secuencia similar en términos del ritmo y de la dirección del cambio y las mejoras, desde la innovación inicial hasta la madurez, la cual coincide aproximadamente con la evolución de sus mercados, desde la introducción hasta la saturación” (Pérez, 2001, p.5). Para operativizar este proceso utilizamos una función logística, cuya forma de “S” es capaz de representar este proceso.<sup>2</sup>

En base a las consideraciones anteriormente presentadas, la propuesta es estimar modelos logísticos regionales con el objetivo de determinar la dinámica de adopción y difusión de la tecnología mecánica del Cono Sur en el período (1870-1930). Los datos empíricos utilizados en las estimaciones surgen de la cuantificación del parque de maquinaria agrícola de Argentina, Chile y Uruguay y de un profundo análisis del proceso de mecanización donde será necesario determinar, para los años de la investigación, al menos, los siguientes aspectos: cantidad y tipo de maquinaria –arados, trilladoras, segadoras, cosechadoras, etc.–, sus principales características, sus requerimientos, su uso y sus resultados en términos de capacidad de trabajo, su grado de complejidad técnica y las diversas formas que fueron adoptando en el período y permitieron su perfeccionamiento.

En este punto es necesario realizar una aclaración. Si bien, hasta el momento, se ha tratado la mecanización sin hacer referencia a su complejidad en términos de variedad de implementos mecánicos y su uso específico en los procesos de trabajo, se propone realizar un análisis exploratorio de la mecanización que permita ponderar la importancia de los distintos implementos mecánicos en el proceso de producción de acuerdo con su uso específico en las distintas zonas.<sup>3</sup>

A su vez, las estadísticas reportan información que permite afirmar que el proceso de mecanización siguió una senda de complejidad técnica con aumento de la variedad de implementos agrícolas y, posteriormente, un perfeccionamiento que tuvo el efecto contrario. Hacia finales del siglo XIX las estadísticas reportaban –en términos relativos– pocos implementos agrícolas y traccionados fundamentalmente por caballos y bueyes. Estos eran, fundamentalmente, arados, segadoras, rastrillos y, en menor medida, trilladoras de elevado costo. Sin embargo, a comienzos del siglo XX comienzan a reportarse arados, desgranadoras, espigadoras, rodillos, rastras, rastrillos para caballos, segadoras, sembradoras,

---

2 En Castro Scavone (2018) se utiliza una metodología similar para estudiar el proceso de difusión del tractor en los diecinueve departamentos de Uruguay en el período 1908-2010.

3 Un camino alternativo, que para nada invalida la propuesta metodológica, es acotar el problema. El estudio de la mecanización podría basarse en analizar la adopción y difusión de los implementos mecánicos utilizados en la producción, únicamente, de cereales, o bien de uno de sus principales representantes en el período; lino, maíz y, especialmente, trigo.

cosechadoras, trilladoras, máquinas para cortar pastos, vagones de segadoras, renovadoras, emparvadoras, picadoras de pastos, quebradoras de maíz, carros y carretas, coches y otras herramientas de labranzas. Finalmente, en estadísticas posteriores se verifica que algunos implementos se reducen en número gracias al perfeccionamiento cada vez más pronunciado, apareciendo máquinas específicas para cada tipo de producción y dejando relegadas a las más antiguas, o bien, integrando en una sola máquina varias de las tareas que realizaban máquinas específicas. Este problema abre una segunda interrogante acerca de que implementos agrícolas a considerar. Es probable que sea necesario seleccionar los más relevantes y seguir el ciclo de esa tecnología; por ejemplo, podrían seleccionarse los arados, las segadoras y las trilladoras, o bien, una de ellas, y recorrer su trayectoria tecnológica asociada.

A modo de ejemplo, supongamos que del análisis exploratorio resulta que es conveniente el estudio para el caso de la mecanización de cereales (excluyendo el maíz) y, en particular, se opta por seleccionar la adopción y difusión de las trilladoras. Siguiendo la propuesta de Martínez Ruíz (2000) es posible obtener una medida de la producción de cereales que incorpora conocimiento nuevo, es decir, la proporción provincial/departamental de cereales que utiliza la máquina trilladora. Para ello, se utiliza la siguiente ecuación:  $M_{i,t} = \frac{C_{i,t} \times U_{i,t} \times T_{i,t}}{P_{i,t}}$ , tal que,  $M_{i,t}$  es la proporción de producción de cereales para la cual se utiliza trilladora.  $C_{i,t}$  es la capacidad diaria de trabajo de la trilladora,  $U_{i,t}$  son los días de trabajo anuales de trilla,  $T_{i,t}$  es la cantidad de trilladoras y  $P_{i,t}$  de es la producción media de cereales.

De manera que, una vez individualizado el implemento agrícola –en este caso la trilladora– y obteniendo una medida de la producción de cereales que utiliza este medio mecánico –indicador de mecanización ( $IM_{i,t}$ )–, para los años del estudio (referencias temporales en el período 1870-1930– y para las regiones – departamentos/provincias del Cono Sur–, se propone estimar una función logística (Ecuación 4.3.1) para ajustar los datos reales referidos a  $IM_{i,t}$  en el Cono Sur y el mismo procedimiento se realiza para las regiones consideradas.

$$P_t = \frac{S}{1+ke^{-bt}} \quad \text{Con } S, b \text{ y } k \text{ positivos} \quad (4.3.1)$$

El parámetro  $b$  puede interpretarse como un coeficiente de difusión de la tecnología, el parámetro  $k$  es una constante y el parámetro  $S$  representa el máximo teórico de la función logística.

El procedimiento para obtener las estimaciones de los parámetros de la función es el siguiente; en primer lugar, se realiza una linealización de la ecuación 4.3.1 y, en segundo lugar, se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para ajustar la función a los datos reales.

Este procedimiento permite estimar los parámetros  $b$ ,  $k$  y  $S$ . Una vez que se estiman los parámetros se puede determinar el tiempo necesario para acumular una determinada cantidad del valor del índice. A modo de ejemplo, es interesante observar que el punto donde se alcanza la máxima pendiente de la función se encuentra en  $t = \tau / \tau = \frac{\ln k}{b}$ , resultado que permite obtener el año en el que la curva estimada alcanza el punto de inflexión y, por lo tanto, es el año de máximo crecimiento, y donde se acumulan el 50% del valor del índice. Lo mismo podría realizarse para determinar por ejemplo el 10, 15 o 20% obteniendo una medida relevante para determinar cuáles fueron las regiones donde la mecanización tuvo su epicentro.

En suma, del ejercicio exploratorio de la mecanización en el Cono Sur será posible individualizar los implementos agrícolas mas importantes y conocer sus principales características. A su vez, recurriendo a información generada recientemente y basada en la estimación de series históricas del VAB agrario regional de los países del Cono Sur, se podrá ubicar el proceso de adopción y difusión de los implementos agrícolas de acuerdo con consideraciones de especialización y diversificación productiva regional. A partir de ello, se aplican modelos de difusión regional de la tecnología basados en la estimación de funciones logísticas para conocer las diferencias regionales –el origen, el coeficiente de difusión y límite o “techo”–, y la evolución en el tiempo de la mecanización agrícola del Cono Sur en el período (1870-1930).

#### **4.4 Los determinantes de la difusión de la mecanización de la agricultura en el Cono Sur (1870-1930).**

En esta sección se detallan los pasos a seguir para cumplir el objetivo (iv) y responder la tercera pregunta de investigación: ¿cuáles fueron los principales determinantes de la difusión y adopción de la mecanización agraria en el Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930)? Adoptando un enfoque evolucionista y neoshumpeteriano del cambio técnico se sigue una estrategia basada en dos ejercicios complementarios, en los cuales se testeará la capacidad explicativa de un conjunto amplio de variables para explicar la adopción y difusión de la mecanización agrícola desde una óptica regional e histórica. En la Sección (4.4.1) se presentan los factores determinantes de la mecanización agrícola que han sido destacados en la literatura regional e internacional y en el Anexo se presenta el Cuadro 1, en donde se realiza un primer intento para operacionalizar las variables a través de las cuales se pretende captar el efecto de estos factores y el Cuadro 2 donde se reportan las fuentes de información.

El primer ejercicio econométrico sea basa en un análisis multivariante que tiene como objetivo explicar el patrón regional de difusión de la mecanización agrícola

en el período de análisis. En este caso las variables explicativas se tratan como promedios del período y el foco está puesto en captar las diferencias regionales. El segundo ejercicio se basa en la estimación de un modelo de panel, que permite explotar la variabilidad espacial y temporal de los datos. Una implicancia de la estrategia empírica basada en la aplicación de los dos ejercicios complementarios propuestos es que requiere la construcción de indicadores de difusión de la mecanización –variables dependientes– de diferente naturaleza (ver Secciones 4.4.2 y 4.4.3).

#### **4.4.1 Los factores determinantes de la mecanización**

En esta sección se presentan los factores que la literatura regional e internacional han destacado para explicar la difusión y adopción de la tecnología, poniendo el énfasis en la mecanización agrícola. A su vez, con fines expositivos se ha tenido en cuenta la clasificación presentada por Alcón et al. (2007), en la cual los factores se pueden incluir en los siguientes grupos: (i) características del agricultor, (ii) factores económicos, (iii) características de la explotación, (iv) factores del entorno y (v) características de la innovación. En el Anexo, en el Cuadro 1, se presenta una propuesta que, aunque primaria, resulta útil para discutir posibles formas de instrumentar variables que capten el efecto de los factores determinantes.

##### **(i) Características del agricultor**

Uno de los factores que ha sido destacado para explicar la adopción y difusión del conocimiento ha sido la educación y experiencia de los productores. Algunos autores han sostenido que el mayor nivel de calificación es una variable clave para explicar el proceso de mecanización agrícola (Reis, 1982; Hora; 2012; Olmsted & Rhode; 1988). Dado que en esta investigación la unidad de análisis es la provincia/departamento resulta una limitación encontrar una medida para representar este factor, sin embargo, en la literatura se ha destacado que la presencia de inmigrantes podría constituir un factor relevante a la hora de cuantificar el efecto de la calificación, dado que los inmigrantes tenían, en muchos casos, conocimientos técnicos adquiridos en sus países de origen. De modo que los estudios del proceso de inmigración y su asentamiento en la zona rural para la actividad agropecuaria sería un interesante insumo para determinar la importancia de la inmigración en la aplicación y el desarrollo de capacidad útiles para en el proceso de mecanización agrícola.

##### **(ii) Los factores económicos**

Los factores económicos han tendido a captar la mayor atención en los estudios sobre la mecanización. En términos generales, los productores adoptarán métodos modernos siempre y cuando éstos reporten mayores beneficios que lo que obtendrían con los métodos tradicionales. Este es un aspecto central y absolutamente debatido en la literatura del Cono Sur porque puede aportar

elementos que, en buena medida, al ubicar la cuestión en términos de rentabilidades, cuestionan la hipótesis que atribuye a la incapacidad de los agricultores el rezago en la incorporación de la tecnología.<sup>4</sup>

Vinculado a lo anterior, se le ha dado importancia a la disponibilidad de factores productivos –tierra (incluida la calidad), trabajo y capital– y su precio. Evidentemente se trata factores claves, capaces de alentar o frenar el proceso de difusión de la mecanización agrícola. Ha existido consenso en la literatura internacional sobre que la escasez de trabajo incentiva la mecanización agrícola, sin embargo, el caso del Cono Sur presenta algunas particularidades que merecen un estudio específico del proceso de mecanización, atendiendo al tipo de maquinaria y su uso. Ha sido documentado que en las primeras etapas de la mecanización se requiere un importante contingente de trabajadores y, en ocasiones, es necesario que los trabajadores cuenten con conocimientos técnicos específicos para el manejo de las máquinas (Forni y Tort, 1980; Cortés Conde, 1979; Pucciarelli, 1986; Olmstead and Rhode, 1988). Por otra parte, en la literatura de Argentina se le ha otorgado un lugar destacado, en la explicación de la mecanización, a la expansión de la frontera agrícola, la cual adquirió a partir de las “campañas del desierto” de Rosas, importantes dimensiones (Campi, 2008). Un interesante aspecto y pocas veces tenido en cuenta a la hora de ponderar los costos de oportunidad de la mecanización, es la importancia que cabe atribuirle a la tracción a sangre. Su disponibilidad y precio pueden ser un factor determinante para la decisión del productor de invertir en maquinaria agrícola (Martínez Ruíz, 2000). De modo que, el precio de la tierra, el salario medio y el valor de la producción agraria a nivel departamental/provincial constituyen variables relevantes para captar el efecto de estos factores.

Ante la ausencia de capital propio los productores pueden mecanizar la producción por la vía del crédito. La disponibilidad de crédito para adquirir la máquina u otras políticas de fomentos, como, por ejemplo, la facilidad para importar maquinaria es un factor relevante para los países pobres, los cuales muchas veces enfrentan importantes restricciones de liquidez (Fernández Prieto, 1997; Volkind, 2009; García, 1993; Olmsted & Rhode, 1988).

Por otra parte, la evolución del precio de la maquinaria agrícola y la relación sectorial de términos de intercambio –relación de precios entre los productos

---

<sup>4</sup> Davis (1969) reconoció este problema para el caso de la adopción de la segadora mecánica en la agricultura de Estados Unidos a mediados del siglo XVIII y estimó el “umbral de rentabilidad”, lo que le permitió obtener una medida de la extensión superficial a partir de la cual resultaría rentable, desde un punto de vista económico, sustituir la tecnología tradicional (manual) por la moderna (mecánica). Un aspecto que no fue tenido en cuenta por Davis (1969) es el arrendamiento o el uso compartido de la maquinaria, lo que lo hubiera obligado a revisar sus conclusiones, aspecto que motivó la crítica realizada por Olmstead & Rodhe (1995). Este aspecto, el uso compartido de la maquinaria, ha sido destacado por varios autores para el caso del Cono Sur (Sartelli, 1995; Hora, 2012).

agrícolas y la maquinaria– es otro de los factores destacados. Un incremento del precio de la maquinaria, o bien, un deterioro de los términos de intercambio tendrá efectos restrictivos para la adquisición de maquinaria agrícola (Fernández Prieto, 1997; Martínez Ruíz, 2000).

(iii) Características de la explotación

Las características de la explotación refieren a factores de distinta naturaleza. Uno de los más recurrentes en la literatura y, en buena medida vinculado con la rentabilidad, refiere a un aspecto central de la estructura agraria, el tamaño de la explotación. La escala de producción representa en muchos casos una barrera para los productores, las explotaciones que no alcanzan una escala mínima de producción no encuentran incentivos para invertir en maquinaria, simplemente, porque no es rentable hacerlo (Grigg, 1982; Olmeasted & Rhode, 1988). Finalmente, otros autores han señalado que, si bien la escala es determinante, el aspecto central ha sido la capacidad de diversificar la producción, argumentado que a medida que nuevos productos entran en escena, nuevas máquinas –o adaptaciones de las existentes– son necesarias para atender los nuevos requerimientos de producción (Gross, 2017).

Otro de los factores destacados en este grupo ha sido la estructura de tenencia de la tierra. El régimen de tenencia de la tierra –propiedad, arrendamiento, medianería, etc.– influye sobre las decisiones del productor. Algunos autores han señalado que el régimen de arrendamiento –en especial cuando se trata de contratos cortos– puede operar como un desincentivo para la inversión en maquinaria agrícola (Volkind, 2009), sin embargo, otros autores han señalado para el caso de Argentina que la existencia del arrendamiento permitió incrementar la superficie puesta en producción sin incurrir en la compra de tierras, de modo que fue posible destinar recursos a la incorporación de maquinaria (Sartelli, 1995; Hora, 2012).

A su vez, interesa incluir en este grupo las características de localización de las explotaciones agrícolas. Importa considerar la distancia a los mercados, en particular, a los principales puertos de exportación. La distancia a los centros urbanos, que operan como demandante de productos, pero también como centro de oferta de insumos. A modo de ejemplo, el mantenimiento y reparación de maquinaria, un aspecto determinante para la difusión de la mecanización tendería a realizarse en los centros urbanos.

Finalmente, puede señalarse que la adopción y difusión de la tecnología es un proceso absolutamente condicionado por el *path dependence*, de modo que, la disponibilidad de tecnología en la explotación puede ser un factor que favorezca el proceso de adopción y difusión de nuevos métodos.



(iv) Las condiciones del entorno

El análisis histórico de las redes regionales de innovación resulta un punto de apoyo ineludible para determinar cuáles son los factores del entorno que condicionan el proceso de mecanización. Un aspecto que ha sido destacado en la literatura es la política comercial llevada a cabo por los gobiernos. Las condiciones para la importación de maquinaria determinarán, en gran medida, la adopción y difusión de la mecanización en ausencia de producción interna o, al menos, enfrentando serios problemas de abastecimiento nacional, como fue el caso del Cono Sur.

A su vez, deben considerarse, en este grupo, todos los mecanismos que favorecen el flujo de información y comunicaciones entre los productores, el origen de la información, los tipos de canales de comunicación, etc. Se ha hecho referencia a la importancia de contar con una red densa de actores que sociabilicen la información sobre la disponibilidad y uso de la maquinaria, las experiencias concretas sobre sus resultados en la producción y en la rentabilidad. Resulta relevante contar con servicios de extensión desde el Estado, el asesoramiento privado que brindan las Asociaciones de productores y las colonias agrícolas; se destaca, a su vez, la información que fluye a través de folletos, diarios, revistas especializadas ya sean de ámbitos públicos o privados. La realización de exposiciones y ferias tiene un impacto demostrativo muy importante para acercar la información a los productores. El efecto vecindad también puede jugar un papel relevante a la hora de tomar la decisión de invertir en maquinaria.

Por último, las condiciones naturales que afectan a las explotaciones agropecuarias son factores que pueden condicionar la adopción y difusión de la tecnología. El clima, asociado a las condiciones meteorológicas como las lluvias, la presión atmosférica y la temperatura han sido destacados en la literatura. Por otra parte, se le ha atribuido importancia a la topografía del terreno y al tipo de suelo.

(v) Las características de la innovación

En este grupo se incluyen factores que dan cuenta de la ventaja relativa de la nueva tecnología, el riesgo intrínseco, la complejidad técnica y la posibilidad de prueba y experimentación. Un aspecto que ha sido destacado en la literatura regional e internacional es la importancia para mecanización agrícola de contar con una industria proveedora de implementos agrícolas y maquinarias y la existencia de talleres de reparación y mantenimiento. Se trata de un factor que juegan un rol importante en la difusión de la maquinaria agrícola, en la medida que la ausencia de una base de fabricación local consistente con las necesidades regionales tiende a retrasar el desarrollo de maquinaria especialmente adecuada para las condiciones geográficas y los precios de los factores específicos de cada zona (Fernández Prieto, 1997; Martínez Ruíz, 2000; Olmstead and Rhode, 1988).

A continuación, se presentan los dos ejercicios econométricos complementarios para determinar la importancia que cabe atribuirles a los factores determinantes en la explicación de la mecanización agrícola de las regiones provincias/departamentos que componen el Cono Sur en el período de análisis (1870-1930).

#### **4.4.2 Un análisis multivariante.**

El primer ejercicio econométrico está inspirado en el trabajo realizado originalmente por Griliches (1957) para explicar la difusión del maíz híbrido en Estados Unidos. Como señala Rosenberg (1979, p. 260), "Griliches ha demostrado como la difusión espacial y cronológica del cereal híbrido puede explicarse en relación con los factores económicos que conforman las previsiones de beneficios de los granjeros y los abastecedores de semilla .... Un importante elemento del modelo de difusión de Griliches es su explícito reconocimiento de la dependencia del proceso de adopción respecto a la necesidad de llevar a cabo adaptaciones locales". La estimación del modelo de difusión de la mecanización (ver Sección 4.3) permite obtener una estimación de los tres parámetros del modelo y tratarlas como variables dependientes: (i) el origen –por ejemplo, un valor de 10 o 20% acumulado de la variable–, (ii) el coeficiente  $b$  permite obtener una medida de la difusión de la mecanización y (iii)  $S$  es una medida de las diferencias en el límite o "techo" del proceso.

La inclusión de variables explicativas responde entonces a la necesidad de explicar los distintos parámetros del modelo de difusión. La propuesta se basa en la metodología seguida por Griliches (1957), en la cual el objetivo estuvo puesto en explicar el patrón de difusión del maíz híbrido en Estados Unidos considerando las características de largo plazo y dejando en un segundo plano las fluctuaciones de corto plazo en los precios y los ingresos. Si bien la difusión del maíz híbrido presenta particularidades dadas por el tipo de innovación, de carácter biológico, el propio autor señaló que el análisis podría aplicarse a otros cambios técnicos como la introducción del tractor o la fertilización. La rentabilidad relativa es la variable clave para explicar las diferencias en el patrón de difusión de la tecnología. Los recursos se asignaron, primero, en las áreas de mayor rendimiento y, en las áreas donde la rentabilidad era menor, el ajuste fue más lento. Dadas las condiciones de incertidumbre en los procesos de innovación y el hecho de que la difusión no es instantánea, sino que está sujeta a procesos de aprendizaje y experimentación, los agricultores se comportaron de manera racional. *"Where the evidence appears to indicate the contrary, I would predict that a closer examination of the relevant economic variables will show that the change was not as profitable as it appeared to be"* (Griliches, 1957, p. 522).

De modo que el ejercicio que se propone se basa en un análisis multivariante a través del cual se pretende conocer los factores que explican el patrón de difusión

de la mecanización agraria en el Cono Sur durante la primera globalización (1870-1930) a partir de explicar los parámetros del modelo de difusión. Se trata de un ejercicio que pone el foco en conocer los patrones regionales de difusión de la mecanización a partir de considerar los valores promedio de las variables explicativas relevantes para explicar el origen del proceso, la ratio de difusión ( $b$ ) y el techo del proceso de mecanización ( $S$ ). Siguiendo este tipo de análisis, resulta esencial identificar correctamente cuales son los factores que explican cada uno de los parámetros del modelo de difusión. A modo de ejemplo, es posible preguntarse en qué medida los diferenciales de rentabilidad según áreas y tipo de producción alentaron o frenaron la difusión de la mecanización en el Cono Sur y explicar así el origen del proceso. Si bien resulta sumamente complejo conocer con claridad la magnitud de los diferenciales de rentabilidad entre las áreas de la introducción de los implementos mecánicos, es posible aproximarse a medidas que capten este efecto. De este modo, consideraciones sobre la rentabilidad podrían ser útiles explicar el origen del proceso pero ser ineficaces para explicar el “techo” o agotamiento, para lo cual sería necesario considerar otro tipo de factores. Una primera clasificación de factores para el estudio de determinantes de la mecanización se realiza en la Sección 3.3.1 (los factores determinantes de la mecanización) y una primera tentativa para la operacionalización de variables se resumen en el Cuadro 1 (ver Anexo).

#### 4.4.3 Datos de panel

El segundo ejercicio econométrico se basa en la construcción de un base de datos amplia de variables explicativas con desagregación espacial (provincias/departamentos) y temporal (referencias temporales en el período 1870-1930). En este caso, la variable dependiente, representativa de la difusión y adopción de la tecnología mecánica, se calcula como la proporción de la producción que incorpora conocimiento nuevo, es decir, la proporción provincial/departamental de productos agrícolas que utiliza implementos mecánicos y que se definió en la Sección 4.3.1 para el caso de las trilladoras como índice de mecanización ( $IM_{i,t}$ ). Este tipo de indicador de difusión, a diferencia de los parámetros del modelo de difusión utilizados en el ejercicio anterior –que presentaban únicamente variación espacial– (ver Sección 4.4.2), presenta variabilidad espacial y temporal, y es por ello que resulta útil el ejercicio que se presenta en esta sección.

El procedimiento que se propone seguir para realizar ejercicios con el panel de datos está basado, en primer lugar, en la estimación de un modelo de efectos aleatorios que contiene el conjunto de variables que a priori se esperan sean significativas para explicar la mecanización agrícola de las regiones en el período. El modelo base es el siguiente:

$$IM_{i,j,t} = \alpha_0 + \beta_z \mathbf{X}_{j,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4.3.3.1)$$

Siendo:  $X_{j,t}$  la matriz de variables explicativas,  $i$ , el tipo de implemento mecánico (trilladora, segadora, ..... cosechadora),  $j$  la región (Artigas, Canelones, ..... ,Treinta y Tres -Uruguay-, .... , Buenos Aires, Córdoba -Argentina- ....., Valparaíso, Aconcagua, ....., Santiago -Chile-) y  $t$  el año (referencias temporales entre 1870 y 1930).

La revisión de antecedentes regionales e internacionales da cuenta de la complejidad que implica el estudio de los determinantes de la mecanización agrícola, en la medida que los factores con capacidad potencial para influir sobre la dinámica de la mecanización agrícola son muchos y muy variados. La propuesta en este caso es considerar un conjunto amplio de variables que han sido destacadas en la literatura regional e internacional y que pueden agruparse en: (i) características del agricultor, (ii) factores económicos, (iii) características de la explotación, (iv) factores del entorno y (v) características de la innovación. Una primera análisis de los factores con capacidad explicativa que pueden incluirse en el estudio de determinantes de la mecanización se realiza en la Sección 4.3.1 (los factores determinantes de la mecanización) y una primera tentativa para la operacionalización de variables se resumen en el Cuadro 1 (ver Anexo).

**ANEXO**

**Cuadro 1 operacionalización de variables explicativas**

<b>Grupo</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>¿Cómo operacionalizarla?</b>	<b>Signo esperado</b>
Características del productor	Calificación	Grado de educación, calificación y experiencia del productor	Cantidad de inmigrantes, Cantidad de analfabetos por región.	(+)
	Tenencia	Régimen de propiedad de la tierra (arrendamiento o propiedad)	Cantidad de establecimientos en régimen de arrendamiento / Cantidad de establecimientos en régimen de propiedad	ambiguo
Factores económicos	Precio bienes	Precio de los productos primarios	Índice de precios de los commodities	(+)
	Salario	Salario de los trabajadores	Salarios rurales medios	(-)
	Costo tracción	Costo de los bueyes y caballos de tiro	Costo medio de la tracción a sangre	(-)
	Precio de la tierra	Precio de la tierra	precio de la tierra	(-)
	Crédito	Disponibilidad y costo del crédito (interés)	¿?	(+)
	Precio de la maquinaria	Precio de la maquinaria agrícola	Precio de la maquinaria agrícola (Importación o precio de mercado)	(-)
Características de la explotación	Tamaño	Superficie media de la explotación	Superficie productiva / cantidad de establecimientos	ambiguo
	Dotación tierra	Disponibilidad de tierra	Superficie agrícola en producción / Superficie total	ambiguo

	Dotación trabajo	Disponibilidad de trabajo	Cantidad de trabajadores rurales [por unidad de tierra	ambiguo
	Dotación capital	Disponibilidad de capital	Dotación de tierra, ganado, maquinaria, etc.	¿?
	Lluvias	Medida de precipitaciones anuales	Pluviosidad	ambiguo
	Temperatura	Temperatura media anual	Temperatura	ambiguo
	Topografía	Características del terreno	Tipo de suelo, orografía, rugosidad	¿?
	Calidad de la tierra	Capacidad productiva del terreno	Índice de calidad del suelo ¿Argentina y Chile?	ambiguo
Las condiciones de entorno	Red	Densidad de la red de innovación que considere la importancia de los nodos y de los flujos	A modo de ejemplo (i) Proporción de productores nucleados en las asociaciones, (ii) Existencia y periodicidad de las revistas/folleto de las asociaciones, (iii) realización de ferias/exposiciones	(+)
	Localización	Distancia a los mercados (puertos y zonas urbanas)	Distancia (km) de la capital provincial/departamental a los mercados	(-)
Características de la innovación	Complejidad	Complejidad en el uso de la maquinaria	¿?	(-)
	Industria	Capacidad industrial de la región para abastecer de maquinaria, repuestos y servicios de mantenimientos	¿?	(+)

## Planificación temporal

A continuación, se presenta el cronograma de trabajo para la realización de la investigación.

Tareas específicas / Meses	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33	34-36
Revisión de antecedentes generales												
Relevamiento de información y construcción de la base de datos (1° artículo).												
Cálculo de la PTF y redacción de la ponencia (1° artículo)												
Relevamiento de información y construcción de la base de datos (2° artículo).												
Estimación de los modelos de difusión y redacción de la ponencia (2° artículo)												
Relevamiento de información y construcción de la base de datos (3° artículo).												
Estimación del modelo econométrico (datos de panel) y redacción de la ponencia (3° artículo)												
Ajustes de los tres artículos, redacción final y presentación de la tesis												

## Referencias bibliográficas.

ALCÓN, Francisco, GÓMEZ, María y FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, María (2006). “Modelización de la difusión de la tecnología de riego localizado en el Campo de Cartagena”, *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, n. ° 210, 2006 (pp. 227-245)

ABRAMOVITZ, Moses. (1989). *Thinking about growth: And other essays on economic growth and welfare*. Cambridge University Press.

ARAÓZ, Florencia and NICOLINI, Esteban (2015). The evolution of regional GDPs in Argentina during the period of globalization at the end of the 19th and beginning of the 20th century”. Paper presented at the LI meeting of the AAEP, Argentina.

BADÍA MIRÓ, Marc (2015). The evolution of the location of economic activity in Chile in the long run: a paradox of extreme concentration in absence of agglomeration economies, *Estudios de Economía*, Vol. 42, Nº 2, pp. 143-167.

BARRÁN, José Pedro y NAHUM, Benjamín (1967). “Historia Rural del Uruguay moderno, tomo I: 1851-1885”. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental.

BARRÁN, José Pedro; NAHUM, Benjamín (1977). “Historia rural del Uruguay moderno: tomo 6 la civilización ganadera bajo Batlle (1905-1914). (INCOMPLETO)

BERETTA, Alcides (Coord.) (2011). “Agricultura y modernización. 1840-1930”, Montevideo, UDELAR-CSIC, 2013, pp.91-116.

BERTOLA, Luis y OCAMPO, José Antonio (2010). “Desarrollo, Vaivenes y Desigualdad: Una historia económica de América Latina desde la Independencia”, Madrid: SEGIB.

CAMPI, Mercedes (2008). *Cambios históricos en la frontera agraria pampeana. La tecnología y el uso de la tierra*, Tesis de Maestría en Investigación Histórica, Universidad de San Andrés.

CARDOSO, Fernando y FALETTTO, Enzo (1977). “Dependencia y desarrollo en América Latina”. Capítulos I, II y III. Siglo XXI editores SA. Págs. 3-53. Buenos Aires.

CARIOLA Carmen y SUNKEL Osvaldo (1982). *Un siglo de historia económica de Chile, 1880-1930. Dos ensayos y una bibliografía*, Santiago, Editorial Universitaria, 2a. ed., 1991 (la. ed., Madrid, Ediciones de Cultura Hispánica, 1982).

CASTRO SCAVONE, Pablo (2018). *La mecanización del agro en Uruguay 1908-2010, aplicación de un modelo logístico para medir su trayectoria*. Artículo aceptado para su publicación, *Revista Uruguaya de Historia Económica (RUDHE)*.

CASTRO SCAVONE, Pablo (2017). *Distribución de la producción y geografía económica, el caso del agro en Uruguay (1870-2008)*, Tesis de Maestría en Historia



Económica, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (Mimeo).

CASTRO SCAVONE, Pablo y WILLEBALD, Henry (2018). Desigualdad regional del ingreso en Uruguay durante la Primera Globalización: primeras estimaciones y algunas hipótesis. Ponencia presentada en VII Jornadas Académicas de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración (Udelar), Montevideo, noviembre.

CORTÉS CONDE, Roberto. (1979) (con la colaboración de Harriague, Marcela), Estimaciones del Producto Bruto Interno de Argentina 1875-1935, Buenos Aires, Universidad de San Andrés, 1994.

DAVID, Paul (1966). The Mechanization of Reaping in the Ante-Bellum Midwest." In Industrialization in Two Systems: Essays in Honor of Alexander Gerschenkron, edited by Henry Rosovsky, 3-39. New York: Wiley, 1966.

DÍAZ ALEJANDRO, Carlos (1970). "Essays on the Economic History of the Argentine Republic", New Haven, Yale University Press.

DJERDERENDJIAN, Julio, BEARZOTTI, Silcora., MARTIRÉN, Juan Luis. (2010) Expansión agrícola y colonización en la segunda mitad del siglo XIX, t. VI. I, Buenos Aires, Teseo.

DJERDERENDJIAN, Julio (2011). Modernización e innovación. Reconsiderando el papel y las particularidades de los fenómenos de cambio técnico en la agricultura pampeana entre 1840 y 1900. En BERETTA, Alcides (Coord.) (2011). "Agricultura y modernización. 1840-1930", Montevideo, UDELAR-CSIC, 2013, pp.91-116

GONZÁLEZ DELGADO, José. (1989). El cambio tecnológico en la agricultura: teoría y aplicaciones al caso de España y Andalucía, Revista de Estudios Agro-Sociales, número 147, pp. 117-153

FERNÁNDEZ PRIETO, Lourenzo (1997). Selección de innovaciones en una agricultura atlántica de pequeñas explotaciones. Galicia, 1900-1936: La adopción de las trilladoras mecánicas, noticiario de historia agraria: Boletín informativo del seminario de historia agraria, ISSN 1132-1261, Año nº 7, Nº 14, 1997, págs. 133-163

FORNI, Floreal y TORT, María Isabel (1980). La tecnología y el empleo en un nuevo enfoque del desarrollo agropecuario. El caso argentino, Desarrollo Económico, Vol. XIX, Nº 76, 1980.

FRID Carina, y TUMINI, Lucía (2011). Agricultura y maquinaria agrícola en la provincia de Santa Fe (1890-1920). Ponencia presentada en las quintas jornadas académicas de la Asociación Uruguay de Historia Económica (AUDHE), Montevideo.

FURTADO, Celso. (1974): "Distribución y utilización del ingreso social", en: La economía latinoamericana desde la conquista ibérica hasta la revolución cubana. Págs. 78-87. Ed. Siglo XXI. México"

GARCIA, Graciela (1993). El sector agropecuario pampeano como demandante de maquinaria agrícola. Algunas reflexiones acerca de su comportamiento, en Estudios Sociales, Nro. 5, Santa Fe.

GRIGG, David (1984). "An introduction to agricultural geography", London; Dover, N.H., Hutchinson, Estados Unidos.

GRILICHES, Zvi (1957). Hybrid Corn: an Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, Vol. 25, No. 4 (Oct., 1957), pp. 501-522.

GROSS, Daniel (2017). Scale versus Scope in the Diffusion of New Technology: Evidence from the Farm Tractor. Harvard Business School Working Paper, No. 16-108.

HORA, Roy (2012). La evolución del sector agroexportador argentino en el largo plazo, 1880-2010. *Historia Agraria*, 58, pp. 145-181, ISSN: 1139-1472

JARVIS, Lovell (1981). Prediction the diffusion of improved pastures in Uruguay. *American Journal of Agricultural Economics*, Volume 63, Issue 3, Pages 495-502

LUNDVALL, Bengt-Ake (ed.), National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning, Londres, Pinter, 1992.

MALERBA, Franco (1992). Learning by firms and incremental technical change, *Economic Journal*, Vol. 102, N° 413.

MANSFIELD, Edwin (1961). Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, 29, pp. 741-766.

MARTÍNEZ RUÍZ, José Ignacio (2000) "Trilladoras y Tractores: Energía, Tecnología e Industria en la Mecanización de la Agricultura Española (1862-1967)". Universidad de Sevilla. 2000. ISBN 84-472-0578-9

METCALFE, John (1981). Impulse and Diffusion in the Studie of Technological Change. *Futures* 13(5).

MORAES, María Inés (2003). El capitalismo pastor. Dinámica tecnológica e institucional de la ganadería uruguaya entre 1870 y 1930, *Revista de Historia Agraria*, N°29, Sociedad Española de Historia Agraria.

NELSON, Richard (2003). On the uneven evolution of human know-how, *Research Policy*, 32, 909-922.

NELSON, Richard y ROSENBERG, Nathan (1993). Technical Innovations and National Systems", en: Nelson, Richard (ed.), *National Innovation Systems. A comparative analysis*, Nueva York, Oxford University Press, 1993.

OLMSTEAD, Alan & RHODE, Paul (1995). *Beyond the Threshold: An Analysis of the Characteristics and Behaviour of Early Reaper Adopters*, *The Journal of Economic History*, vol. 55, 1, pp. 27-57.

OLMSTEAD, Alan & RHODE, Paul (1988). *An Overview of California Agricultural Mechanization, 1870–1930*. *Agricultural History* 62(3), 1988. "

PAVITT, Keith (1984). *Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory*, *Research Policy*, 13, 343-373, 1984.

PÉREZ, Carlota (2001). *Cambio tecnológico oportunidades de desarrollo como blanco móvil*", *Revista de la CEPAL*, N° 75.

POSSAS, Mario, SALLES-FILHO, Sergio y MARIADA-SILVEIRA, José (1996). *An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks*". *Research Policy*, Volume 25, Issue 6, September 1996, Pages 933-945.

PUCCIARELLI, Alfredo (1986). *El Capitalismo agrario pampeano (1880-1930)*. Ed: Hyspamérica.

REIS, Jaime (1982). *Latifundio e progresso técnico: a difusão da debulha mecânica no Alentejo, 1860-1930*, *Análise Social*, Vol. XVI, 11, nº 71, pp. 371-433.

ROBLES ORTÍZ, Claudio (2010). *La Sociedad Nacional de Agricultura y la modernización tecnológica en la agricultura de Chile (1870-1920)*, *Encuentros Latinoamericanos* (on line, Uruguay), no. 10 (2010). (LATINDEX)

ROBLES ORTÍZ, Claudio (2009). *La producción agropecuaria chilena en la Era del Salitre (1880-1930)*, *América Latina en la Historia Económica. Revista de Investigación* (México), 32, pp. 113-136 (2009). SCOPUS

ROGERS, Everett (2003). *"Diffusion of Innovations"*, Fifth Edition. Free Press: New York

ROSENBERG, Nathan (1976). *"Perspectives on technology"*. Cambridge University Press. Londres.

ROSENBERG, Nathan (1979): *"Tecnología y Economía"*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. [1976, *Perspectives on Technology*.]"

SARTELLI, Eduardo (1995). *Del asombro al desencanto. La tecnología rural y los vaivenes de la agricultura Pampeana*, en Bjerg, M. y Reguera, A. (comps.), *Problemas de la historia agraria. Nuevos debates y perspectivas de investigación*, Tandil, IEHS, 1995

SCARLATO, Guillermo y RUBIO, Ladislao (1994). *Relaciones agricultura – industria: dinámica y tendencias*. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.

SUNKEL, Osvaldo y PAZ, Pedro (1970). El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo. Siglo XXI. Págs. 46-78 y 303-343. México.

TALASSINO, Mauricio. (2015). Producto Bruto Geográfico de 1946 de las provincias argentinas: Una estimación preliminar. L Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política (AAEP), Salta, Argentina

VOLKIND, Pablo (2009). La dependencia tecnológica de la agricultura pampeana en las primeras décadas del siglo XX: el caso de la maquinaria agrícola. Jornadas presentadas en las XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche.