

CAMPOS DE RECRÍA LECHEROS EN URUGUAY:
DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN Y EFECTOS
CAUSALES

Juan Diego Baraldo Corbo

Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias
Económicas, Universidad de la República.

Montevideo - Uruguay
Febrero de 2020

CAMPOS DE RECRÍA LECHEROS EN URUGUAY: DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN Y EFECTOS CAUSALES

Juan Diego Baraldo Corbo

Tesis de Maestría presentada al Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de la República, como parte de los requisitos para la obtención del título de Magíster en Economía.

Director de tesis:

Dr. Fernando Borraz

Director académico:

Profesor Agregado Dr. Carlos Bianchi

Montevideo - Uruguay
Febrero de 2020

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Profesor: Dr. Javier Alejo

Profesor: Dr. Carlos Bianchi

Profesor: Ing. Agr. Dr. Carlos Paolino

Montevideo - Uruguay
Febrero de 2020

Agradecimientos

Quisiera agradecer a Fernando Borraz por su apoyo durante esta investigación. A Carlos Bianchi, y a la coordinación de la maestría. A la Universidad de la República.

A mis compañeros del área de evaluación de OPYPA, Emilio Aguirre, Verónica Durán, Hugo Laguna; y de la UGP-MGAP, Carlos Honorio, Jorge Marzaroli, Julio Rodríguez.

Agradezco a los siguientes académicos, profesionales, y técnicos que colaboraron con la investigación: Ignacio Arboleya, Jorge Artagaveytia, Agustín Landa, Ana Pedemonte, Graciela San Román, Miguel Sierra, Leonardo Zeballos.

Campos de recría lecheros en Uruguay: determinantes de la adopción y efectos causales*

Juan Diego Baraldo**

Resumen

En este documento se analizan los determinantes de la adopción de la práctica tecnológica de campos de recría asociativos en la producción lechera, usando información de cobertura universal, tanto de corte transversal, como de panel, a nivel de establecimientos lecheros. Una vez establecidos estos factores, se estima el impacto en la productividad de leche entre los productores adoptantes de la tecnología. La identificación de este impacto radica en la variabilidad exógena de las distancias entre establecimientos lecheros y campos de recría. No se encuentran impactos significativos en la producción de leche por unidad de superficie a nivel de los productores en general; al segmentar por grado de especialización, se encuentran impactos entre los productores no completamente especializados en la producción lechera.

Palabras claves: adopción tecnológica; efectos causales; producción lechera; campos de recría.

*Tesis para la obtención del título de Máster en Economía. Agradezco el apoyo permanente de Fernando Borraz, tutor del proyecto. Posibles errores u omisiones son de mi responsabilidad.

**jdbaraldo@gmail.com

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Breve contexto de la cadena de valor lechera	6
4. Marco teórico	8
4.1. Adopción tecnológica y productividad	10
4.2. Barreras a la adopción	13
5. Fuentes de información	16
6. Factores que contribuyen a explicar el uso de campos de recría	18
6.1. Resultados	19
7. Identificación de efectos causales basada en variables instrumentales	24
7.1. Validez de la estrategia	26
7.2. Resultados	30
8. Conclusiones	32
9. Anexo	37
9.1. Tablas y salidas	37

1. Introducción

Un campo de recría (CR) es un campo especializado en la recría de ganado (lechero principalmente) y gestionado con cierto arreglo asociativo de los productores socios¹. El uso de esta estrategia permitiría ganancias de eficiencia por la vía de la especialización: por un lado, la recría queda en manos especializadas en el contexto de los CR; y por otro lado, los predios lecheros pueden a su vez especializarse y concentrarse en su negocio, la producción de leche. En el año 2015, operaban 15 campos de recría en Uruguay; ese año, únicamente el 12 % del total de los productores lecheros, fueron usuarios de dichos campos.

La adopción tecnológica es ampliamente estudiada debido a que existe abundante literatura que vincula la innovación o la adopción tecnológica con ganancias de productividad o eficiencia; con crecimiento macroeconómico y desarrollo; o por sus implicancias sobre aspectos de bienestar [Parente y Prescott (1994); Griliches (1963), Griliches (1987); Aghion y Howitt (1990); Grossman y Helpman (1991); Crépon y col. (1998)].

Esta tesis genera evidencia empírica sobre los procesos y factores determinantes de las decisiones de adopción de estrategias tecnológicas asociativas en la producción lechera y determinar qué impactos pueden tener sobre la productividad de las firmas.

El presente artículo es una contribución empírica genuina, debido a que, hasta donde se tiene conocimiento, es el primer estudio de evaluación de impacto a nivel internacional de este tipo de prácticas; además, contribuye a la literatura empírica sobre adopción tecnológica agropecuaria en Uruguay, y sobre impactos productivos en el sector.

La discusión se organiza en torno a las siguientes preguntas: ¿cuáles son las razones que explican que unos productores lecheros decidan adoptar la tecnología asociativa de campos de recría y otros productores no?, ¿cuál es el impacto de esta práctica sobre los indicadores productivos de los predios lecheros?

Con datos a nivel de establecimiento provenientes del Censo General Agropecuario 2011 (CGA), y el panel de declaraciones juradas ganaderas del Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG), de los años 2009 a 2015, se estiman diferentes modelos de elección discreta, donde se explica la decisión de adoptar la tecnología de campos de recría a través de las características de los establecimientos lecheros. Los datos construidos para esta investigación, constituyen un aporte adicional de este trabajo, nuevas preguntas podrían ser abordadas a partir del análisis de los mismos.

¹La recría es la etapa de desarrollo del vacuno en la que pasa de ternero a la adultez, en las hembras, implica alcanzar la madurez reproductiva, y por tanto la capacidad de producir leche.

Finalmente, se propone una estrategia de identificación para el efecto causal atribuible al uso de campos de recría sobre la productividad lechera, basada en la variación exógena de la distancia entre campos de recría y predios lecheros, como variable instrumental.

En la sección 2 se revisa la literatura relacionada. Una breve referencia al contexto de la cadena de valor lechera se presenta en la sección 3. La sección 4 contiene los elementos teóricos que enmarcan este problema y los posibles mecanismos que afectan las decisiones de adopción de la práctica asociativa de campos de recría. En la sección 5 se describen los datos. En la sección 6 se formaliza la metodología de análisis para los factores que explican la adopción y se presentan los resultados. En la sección 7 se propone una forma de estimar el impacto en los resultados productivos de los establecimientos adoptantes y se presentan los resultados. La tesis cierra en la sección 8 con unas breves conclusiones finales.

2. Antecedentes

La cantidad de campos de recría ha permanecido relativamente estable durante el período de interés de este estudio, pasó de 13 campos en el año 2009, a un total de 15 en el año 2015. En el cuadro 1 se muestra la cantidad de usuarios de campos de recría y de productores lecheros totales por año, para el período 2009-2015. Se aprecia una caída del número de productores usuarios de estos campos, que acompaña la dinámica general de caída del número de productores en el período.

Cuadro 1: Productores lecheros según característica de usuario de campos de recría.

Año	Total	Usuarios		Vacaciones enviadas a CR	
		No	Si	Media	Desvío estándar
2009	4,611	4,089	522	24.6	24.5
2010	4,481	3,996	485	25.9	28.7
2011	4,334	3,860	474	29.6	30.6
2012	4,223	3,773	450	28.6	31.2
2013	3,881	3,497	384	27.6	27.4
2014	3,880	3,382	498	28.8	29.6
2015	3,825	3,360	465	27.0	27.1

El sector lechero es considerado estratégico a nivel mundial: por aspectos de seguridad alimentaria, por sus efectos en la generación de empleo, y por su papel en la ocupación territorial; esto se ve reflejado en altos niveles de apoyo y protección al sector [Sierra (2009)]. En el Uruguay también se le reconoce un papel estratégico: en el año 2017 fue priorizado por el Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad como

sector clave para el desarrollo productivo sustentable [[Transforma Uruguay \(2017\)](#)].

El sector agropecuario uruguayo tiene una importancia significativa dentro del total de la economía nacional y en su dinámica reciente, y la actividad lechera tiene una dimensión relativa importante dentro de aquella. [Terra y col. \(2009\)](#) estiman la magnitud de los encadenamientos del sector agropecuario al resto de la economía usando matrices de insumo producto y modelos de equilibrio general, y encuentran que estos efectos de arrastre están por encima de la media de todas las ramas, y en particular son mayores que los de la industria manufacturera y el sector de servicios; además, la actividad de producción de leche y de cría vacuna son las que más valor generan en toda la economía dentro de las actividades primarias [[Terra y col. \(2009\)](#)].

Se estima que el 5% del territorio nacional se destina a la producción lechera, generando exportaciones por más de 500 millones de dólares, lo que lo convierte en el sector agropecuario de mayores exportaciones por unidad de superficie, con más de 50 países destino [[Marzaroli \(2018\)](#)]. En el año agrícola 2017 existían 3,718 productores lecheros, según [DIEA \(2018\)](#)²; mientras que, según información de [Sierra \(2009\)](#) para el año 2009, más de 23 mil personas trabajaban vinculadas a la actividad agroindustrial lechera. La producción lechera nacional pasó de 1,582 millones de litros anuales en el año 2007 a 2,049 millones en el 2017. En el mismo período la superficie agrícola destinada al rubro sufrió una importante disminución de área, al tiempo que también se redujo fuertemente la cantidad total de productores [[DIEA \(2018\)](#)]. Estos datos indican un importante aumento de la productividad, sin embargo, y en paralelo, también se observa una gran heterogeneidad productiva. Mientras la producción media, según la encuesta lechera de INALE 2014³, fue de 1,600 litros por día, 50% de los establecimientos producía menos de 700 litros por día.

Desde la lógica de las políticas públicas se han fomentado el desarrollo de estrategias asociativas con el objetivo de lograr economías de escala y superar diversas dificultades [[Marzaroli \(2018\)](#); [Narbondó Allende y col. \(2010\)](#)]. Los CR son una tecnología asociativa de procesos, largamente promovida desde varias dependencias sectoriales públicas, público-privadas, y privadas como forma de canalizar proyectos y políticas dirigidas⁴.

Desde el sector público y la institucionalidad vinculada se han dedicado importantes cantidades de recursos en programas de transferencia y adopción de tecnologías. [Ackerman](#)

²DIEA: Dirección de Información y Estadísticas Agropecuarias.

³INALE: Instituto Nacional de la Leche.

⁴En esta tesis, el sentido concedido al concepto de innovación de procesos, es el del rediseño de los procesos productivos y disposición de los recursos, de forma de obtener mayor cantidad de producto a partir de los mismos factores, en particular, considerando el recurso estratégico tierra.

y col. (2018) describen la red institucional ampliada vinculada a la actividad agropecuaria y estiman que entre 2009 y 2016 se destinaron entre 0.5 y 0.6 puntos del PBI en apoyos al sector; los bienes públicos y servicios generales que se vinculan al área de innovación y difusión de tecnología, representaban en el trienio 2014-2016 una proporción del 28 % del total de dichos apoyos. Por su lado, los apoyos directos a los productores que implican, entre otros ítems, transferencias presupuestales tipo programas y proyectos, son de particular interés para este estudio pues están altamente orientados a la problemática de incorporación de tecnología o de política de productividad; en el trienio estudiado por los autores, el promedio anual para ese componente de políticas públicas promediaba 32.5 millones de dólares al año, y mostró una tendencia creciente desde el año 2009.

Según estimaciones propias a partir de datos obtenidos del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), desde el año 2010, la ayuda en formato de apoyos prediales directamente destinada a los productores lecheros, ascendió a 22 millones de dólares y alcanzó a 2,200 beneficiarios. Los principales objetivos de esos programas se enfocan en cuestiones tecnológicas y productivas prediales; si bien hasta donde se conoce, ninguno de estos proyectos planteaba el envío de la recria a los campos colectivos de recria como meta directa, existe un canal indirecto por el cual solucionar aspectos internos del establecimiento y trabajar sobre buenas prácticas podrían sentar las bases para catalizar el cambio de otras prácticas, entre ellas el uso de estrategias asociativas.

Según Marzaroli (2018), al menos 2,000 productores están vinculados a organizaciones de productores. 25 instituciones que representan a productores lecheros ejecutaron junto al MGAP proyectos de fortalecimiento institucional en los últimos 5 años, incluida la Mesa Coordinadora de Campos de Recría⁵. Los propios campos de recria han sido objeto de intervenciones de política, la mitad de los 14 CR tienen proyectos para el desarrollo asociativo del riego⁶, esto podría implicar una mejora del servicio ofrecido y así un estímulo a la decisión de los productores. Sin duda, para el desarrollo de los campos de recria, la política pública más relevante proviene del Instituto Nacional de Colonización (INC), además de haber apoyado y promovido el surgimiento de esta práctica, les adjudican la tierra en condiciones tales, que implican un subsidio por la vía de la renta.

Aboal y col. (2018) investigan los vínculos entre la innovación y productividad a nivel de establecimientos agropecuarios y destacan los principales factores que determinan los

⁵La Mesa Coordinadora de Campos de Recría es una organización rural privada de segundo grado, cuyos socios son las gremiales de lecheros de primer grado que gestionan los campos de recria.

⁶Proyecto Estrategias Asociativas de Agua para la Producción del MGAP.

esfuerzos de innovación; en relación a este trabajo es de especial importancia el papel de los encadenamientos asociativos y la vinculación a nivel horizontal y vertical. Otro aspecto importante del estudio es la evidencia del papel de la escala como límite a los esfuerzos innovadores. Por último, un resultado llamativo es el impacto nulo de la innovación sobre la productividad que los autores encuentran para el caso de la lechería.

[Narbondó Allende y col. \(2010\)](#) mediante estudio de casos, encuentran que las estrategias asociativas en lechería son positivas para el desarrollo productivo tecnológico de las explotaciones lecheras de escala familiar mediante la ganancia de escala relativa, sin embargo, los productores no se apropian a cabalidad de la herramienta.

[Marzaroli \(2018\)](#) aplica un análisis cualitativo, mediante el estudio de casos, del impacto en el desarrollo territorial de las diversas estrategias asociativas de producción y releva las dificultades para la adopción generalizada de estas estrategias, focalizando en los problemas vinculados a la escasez de capital social. El autor sugiere que si bien la tecnología está disponible, esta no es adoptada por todos.

[Costa y col. \(2010\)](#) describen la situación y la dinámica de funcionamiento de los CR lecheros desde un punto de vista agronómico. De este trabajo surgen intuiciones de los mecanismos por los cuales se producen los efectos a nivel de producción final. Los autores proponen un modelo numérico sencillo del impacto productivo que podría tener el uso de la herramienta CR en un predio lechero idealizado, y la proyección a nivel del sector en conjunto de una supuesta adopción masiva de esta tecnología. Por último, en este trabajo se sugiere la importancia de pensar en la pregunta que motiva esta tesis.

[Mohnen y Hall \(2013\)](#) sistematizan la evidencia empírica de la relación micro entre resultados de la incorporación de innovaciones y productividad de firmas (básicamente del sector industrial), con conclusiones en general positivas para el caso de innovaciones de procesos. [Marton y col. \(2016\)](#) investigan la experiencia suiza de especialización en la cría y la lechería mediante métodos de establecimientos modelados, si bien ese trabajo tiene objetivos principalmente dirigidos a aspectos ambientales, encuentran impactos positivos en los márgenes económicos de aquellos productores de las áreas que se especializan en la producción de leche. Para América Latina, [González y col. \(2009\)](#) analiza el impacto de programas de adopción tecnológica sobre la producción de leche mediante *propensity score matching* en corte transversal, los resultados para productores lecheros no son significativos. En Uruguay no abundan los antecedentes de evaluación impacto en el agro. [Mullally y Maffioli \(2015\)](#) y [Lopez y Maffioli \(2008\)](#) son una excepción para el

caso ganadero. En lechería el único antecedente conocido es [Aguirre y col. \(2017\)](#) para un programa de prácticas de gestión del agua para bebida animal en lechería, donde mediante *propensity score matching* combinado con diferencias en diferencias, encuentran impactos positivos sobre la productividad por hectárea.

3. Breve contexto de la cadena de valor lechera

Fase ganadera

La fase primaria en la lechería uruguaya está caracterizada por un alto grado de heterogeneidad; a la vez que los niveles agregados de producción y de productividad alcanzan año a año registros máximos, una gran proporción de los productores registra niveles productivos muy bajos que comprometen su subsistencia económica. De hecho, la concentración de la producción es la otra característica que acompaña al crecimiento productivo; acompañando tendencias globales, el número de establecimientos ha venido reduciéndose sostenidamente, por un lado, a la vez que el tamaño y la producción total en control de los establecimientos más grandes se ha incrementado. [[Sierra \(2009\)](#); [Arboleya y Paolino \(2016\)](#)].

Industria

En el segmento industrial de la cadena de valor lechera participan varias empresas, pero entre las 8 primeras acumulan el 94 % de la leche remitida; la Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE) se destaca entre todas, con una posición dominante; CONAPROLE procesa el 70 % de la leche industrial en Uruguay. La industria tiene un rol articulador líder en la cadena, en cuanto proveedor de financiamiento, coordinación logística y de servicios, asistencia técnica y tecnología. El sector industrial destina en valor, el 70 % al mercado internacional (principalmente leche en polvo, queso, y manteca), y un 30 % al mercado interno, con leche fluida y productos elaborados [[INALE \(2018\)](#)].

Mercado internacional

Uruguay es el sexto país exportador de derivados lecheros, en un mercado donde la relación de lo comercializado respecto a lo producido es de apenas el 8 %. Se trata de uno de los mercados más protegidos, y la inserción uruguaya fundamentalmente se da en *comodities* expuestos a precios y demanda muy fluctuantes. En este marco, las ventajas logísticas (distancia a mercados dinámicos) y las políticas comerciales (acuerdos bilaterales), aspectos en los que Uruguay tiene desventajas, tienen gran importancia en el desempeño exportador

de cada país productor [[Gabinete Productivo \(2008\)](#); [Sierra \(2009\)](#)].

La Formación de precios de la leche sigue un complicado canal donde factores como la ponderación de mercados interno y externo (y los productos que se transan en ellos), el clima en distintas regiones competidoras, los acuerdos bilaterales de los mercados de consumo con países exportadores, y los aspectos macro globales, entre otros, se combinan con aspectos de regulación nacional para formar el precio que recibe el sector; un 55 % de precio ponderado recibido en la industria se traslada al productor primario [[Gabinete Productivo \(2008\)](#); [INALE \(2018\)](#)].

Coyuntura

En el año 2013 la lechería alcanzó un pico máximo de precios internacionales, y desde entonces se revirtió esa tendencia y los precios han sufrido un deterioro constante. Con una estructura de costos muy rígida, el resentimiento de los términos de intercambio impacta fuertemente en los márgenes económicos de los productores; en particular en algunos estratos, implica rentabilidades negativas, lo que refuerza la tendencia a la concentración antes mencionada. Otra característica actual del sector, es su alto grado de endeudamiento, que limita sus posibilidades de adaptación y de inversión⁷ [[INALE \(2018\)](#); [Arboleya y Paolino \(2016\)](#)].

Campos de recría

Los CR surgen como una respuesta ante el factor limitante de la superficie para el crecimiento de los establecimientos. El primer campo de recría inaugurado fue el de APL San José en el año 1979, a este le siguió, ya en la apertura democrática, el de la SPL Florida en 1985; de hecho, ambos campos son hoy en día los que muestran mejor funcionamiento. La heterogeneidad en los niveles de eficiencia y funcionamiento, y en la calidad de su producto, es característica típica de estos proyectos asociativos^{8 9}.

Otra importante razón que motiva el surgimiento de estos emprendimientos asociativos, fue la disparidad en la calidad de las recría que se observaban en esos años. El contexto en que emergió esta tecnología era otro diferente al que se ve actualmente; con una productividad media mucho menor y con más productores que la cantidad actual; el

⁷Desde la política pública se han buscado herramientas para contrarrestar el problema, las diferentes ediciones del Fondo de Desarrollo de la Actividad Lechera contribuyen al respecto, no obstante, la problemática sigue vigente.

⁸En 2018, el rango de meses para entregar una vaca próxima al parto, iba entre los 16 y los 30 meses según el campo de recría; las ganancias de peso diario promedio iban entre 320 gramos a 613 gramos [Agustín Landa y Leonardo Zeballos, entrevista personal, 2019].

⁹[Ignacio Arboleya, entrevista personal, diciembre 2019].

paquete tecnológico estándar era diferente. En ese contexto, por ejemplo, la inseminación artificial no era práctica difundida, los CR ayudaron a difundir esa práctica con efectos en la calidad de los rodeos y en consecuencia aumentos esperados en la productividad ¹⁰.

Salvo en coyunturas muy particulares, la recría lechera no es un negocio privado apropiado en sí mismo. La recría ganadera es más sencilla, compite por los mismos recursos, y suele presentar mejores márgenes. Por esta razón es tan importante y tan habitual el acuerdo de las estrategias asociativas lecheras con el estado a través del instituto de colonización; prácticamente todos los CR se desarrollan en predios del INC a los que acceden en condiciones de renta mucho más favorables que las del mercado, lo que es parte importante en el esquema de sobrevivencia de este tipo de emprendimiento ¹¹.

La mayoría de los campos de recría tienen problemas de gestión y de gobernanza, lo que junto a factores tecnológicos, se manifiesta en la calidad del servicio final ofrecido, a través de la disparidad de las tasas de ganancia de peso diario, y de la duración media de la recría [Costa y col. (2010)]. Diferentes figuras se han buscado para enfrentar este problema, con mayor grado de éxito en algunos casos que en otros ¹². Los problemas de agencia no son raros en contextos de crisis, en algunas oportunidades los administradores han priorizado negocios puntuales, asociados con un ingreso de corto plazo, aun cuando no se alineen por completo con el desarrollo del sector o con los intereses de los socios ¹³. Los costos administrativos, pueden ser un inconveniente que se traslade al costo de la tarifa, agravando la situación de algunos CR; las organizaciones que ofrecen otros servicios adicionales, pueden licuar dichos costos y alivianar la carga sobre la tarifa.

4. Marco teórico

Se consideran productores que optimizan una función objetivo, que puede ser concebida como la función de beneficios, o en algún sentido más amplio, para incorporar aspectos del bienestar del productor y su familia. La concepción de la naturaleza de los agentes incorpora la teoría de la inatención racional (*rational inattention theory*) propuesta por Sims (2010). Esta teoría, fundada en la teoría de la información, establece que los agentes económicos tienen una restricción en su capacidad de procesar información, y

¹⁰[Ignacio Arboleya, entrevista personal, diciembre 2019].

¹¹[Ignacio Arboleya, entrevista personal, diciembre 2019].

¹²[Ignacio Arboleya, entrevista personal, diciembre 2019].

¹³Es cada vez más habitual que los campos acepten ganado de carne, o que hagan negocios de medianería con agricultores privados o empresas vendedoras de semillas.

en consecuencia no actualizan constantemente sus decisiones ante cada modificación en la información disponible; los individuos solamente dedicarán limitada atención a cada señal informativa. [Sims \(2010\)](#) deriva formalmente un modelo en donde un uso imperfecto de la información es consistente con la existencia de individuos optimizadores. Este modelo permite explicar respuestas demoradas o comportamientos aparentemente erráticos, más difíciles de conciliar con el contexto clásico de expectativas racionales y racionalidad perfecta.

Para este artículo, una implicancia relevante, es que incluso conociendo los beneficios potenciales de una decisión, si estos beneficios no representan un gran salto esperado, la decisión puede ser indefinidamente postergada o nunca tomada.

Desde la nueva economía institucional, se define el concepto de costos de transacción, y se teoriza que las relaciones económicas se organizaran de forma que minimicen dichos costos. Así, una misma transacción puede ser eficientemente resuelta en el mercado, o alternativamente puede ser mejor resuelta con otro arreglo institucional [[Monteagudo y Martínez \(2012\)](#)]. La recría interna en el establecimiento, o la recría organizada de forma asociativa en campos de recría, o la solución de mercado, pueden enmarcarse en esa idea. Un factor importante en la decisión, es la relación de los precios respectivos; algunos años las vaquillonas valen menos, mientras que el precio de la recría es relativamente rígido. Cuando además se suman periodos de crisis en el precio de la leche, la solución asociativa tal vez deje de minimizar el costo de transacción, y muchos productores preferirán acudir al mercado y exponerse a los precios en este, en el momento puntual en que necesiten los replazos, y evitar el más o menos largo, más o menos costoso, y más o menos incierto, proceso de recría asociativa¹⁴. [Cook \(1995\)](#) repasa la historia de cooperativas y experiencias asociativas en Estados Unidos e identifica las condiciones en que estos arreglos son eficientes. [Ostrom \(2010\)](#) propone los fundamentos que llevan a los individuos a resolver un problema económico en base a una solución asociativa y las razones por las cuales pueden surgir distintos mecanismos o formas de gobernanza de bienes cooperativos o asociativos.

En este marco, los productores toman decisiones acerca de la tecnología con la que producirán; sin embargo, existen factores que pueden implicar una fricción o barrera a la adopción de cierta técnica o práctica que de otro modo resultaría beneficiosa o potencialmente beneficiosa. Antes de abordar teóricamente el problema de las barreras, se presenta el vínculo teórico entre la adopción de la técnica y la productividad.

¹⁴[Ignacio Arbolea, entrevista personal, diciembre 2019].

4.1. Adopción tecnológica y productividad

Costa y col. (2010) establecen el canal por el cual el uso de esta tecnología de procesos impacta en la producción lechera. Al enviar sus categorías de recría a un campo de recría, el productor libera la tierra que destinaba a la recría de esos animales y la destina a vacas en producción, aumentando la carga productiva en el predio¹⁵. Otro mecanismo que se deriva de esta técnica, tiene que ver con la especialización, el productor ya no tiene que ocuparse de los dos procesos (producción y reproducción), y podría volverse más eficiente en el proceso productivo. Por otra parte, si el servicio de recría no cumple con ciertos niveles de calidad, las nuevas generaciones que entrarán al rodeo en el futuro, pueden ver su capacidad productiva comprometida, abriendo un posible canal negativo. La percepción de estos riesgos asociados al proveedor del servicio y a la calidad del mismo, podrían ser un factor determinante de la decisión de uso de campos de recría. Lamentablemente, por aspectos metodológicos y de datos, la información del lado oferente no pudo ser incorporada, y en consecuencia estos mecanismos no pudieron ser testeados.

Un último canal propuesto, apunta a la productividad individual por animal; teóricamente el uso de campos de recría, a través de las prácticas de reproducción con inseminación artificial, permitiría mejoras genéticas en el rodeo, que redundarían en mejoras productivas a nivel individual. Otro mecanismo por el que se podría alcanzar mejoras productivas en términos de leche por vaca, es que, en realidad, al liberar superficie en su predio, el productor no intensifique la dotación animal, y en su lugar produzca más alimento para la dotación actual, en consecuencia, mejorando su productividad [Costa y col. (2010)].

Cuando un productor decide hacer la recría fuera de su establecimiento, puede destinar toda la superficie de su predio al rodeo en ordeño y en consecuencia aumentar la producción de leche. Junto a este aumento en producción vienen aumentos en costos por dos fuentes, por un lado, está el pago por mes y por animal que se envía al campo de recría, y por otro lado aumentan los costos de producción de forraje (que tiene un costo por unidad de superficie mayor dado la mayor intensidad de la demanda de los animales en ordeño sobre

¹⁵Vacas productivas se refiere a vacas en lactancia y por tanto capaces de producir leche, ya sea que en el momento corriente estén en ordeño o se encuentre en período entre partos, en la jerga lechera se las suele llamar vaca masa, en este documento se usan los términos vaca masa, vaca productiva, o vaca lechera de forma indistinta. Carga es un concepto ganadero que consiste en el ratio de animales por unidad de superficie, de esta forma, pueden definirse varios refinamientos del concepto, por ejemplo la carga de vacas masa es la cantidad de vacas masa por hectárea; carga vacas masa por hectárea vaca masa es la cantidad de vacas lecheras en la superficie destinada a las mismas.

los animales en recría) en el predio del productor al incorporar a la producción lechera aquella área antes destinada a la recría.

Supóngase una explotación lechera i , de superficie S , donde cada año se deben criar R_i animales a los que se destinan SR_i hectáreas de superficie¹⁶. Estas son hectáreas de recría que se excluyen del área productiva, no se destinan a la producción de leche. En este escenario, permanecen afectadas a la producción unas $(S - SR_i)$ hectáreas que, dado una estructura de alimentación, pueden soportar $VM = (S - SR)v$ vacas productivas, siendo v la relación de vacas por hectárea soportada y que, sin pérdida de generalidad, puede asumirse igual a 1. Si la productividad media es de LV litros por vaca, puede estimarse la producción total de este tambo como $(S - SR_i)LV$ ¹⁷.

El productor puede decidir enviar los R_i animales de categorías de recría a campo de recría y realizar este proceso fuera del establecimiento, afectando la asignación de la superficie productiva.

Este tambo tendrá una estructura de costos igual a $C_i = P_{CR}EstR_i + (S - SR_i)c_L + (SR_i)c_R$. Siendo P_{CR} el costo mensual por animal cargado por los campos de recría, Est el tiempo de estadía en meses que demora cada CR en producir una vaca productiva, c_L y c_R el costo por hectárea de una hectárea dedicada a la producción lechera o a la producción de recría respectivamente, con $c_L > c_R$. Por último, si P es el precio recibido por un productor por cada litro de leche producido, se puede escribir los beneficios del productor de la siguiente forma¹⁸:

$$B_i = P(S - SR_i)LV - (S - SR_i)c_L - (SR_i)c_R - P_{CR}EstR_i \quad (1)$$

Si se hace la simplificación de que una vaca adicional enviada a un CR, implica el uso de una hectárea menos de la superficie predial para uso de recría ($\frac{\partial SR}{\partial R} = -1$), entonces se puede derivar la ecuación de beneficios respecto al envío de animales a campos de recría:

¹⁶En un esquema de rodeo lechero de tamaño VT en un tambo estabilizado, todos los años se retiran del rodeo VD vacas de refugio o descarte, VT-VD vacas son puestas en cría y producen (VT-VD) /2 hembras. La mitad de estas vacas serán reposición de las retiradas de producción para mantener el rodeo, (VT-VD)/4 = VD. Las restantes vacas son vendidas como vaquillonas próximas a parir. Ambos negocios de venta (vacas de descarte y vaquillonas próximas a parir) constituyen un negocio complementario que, por simplificación, no considero en este análisis.

¹⁷Costa et al. (2010) plantean un modelo donde la propia productividad por vaca aumenta en consecuencia de un manejo más intenso de la explotación.

¹⁸Usando una modelación similar, Costa y col. (2010) ilustran los beneficios de la adopción de campos de recría mediante un ejemplo en donde 2 establecimientos idénticos en lo demás, toman decisiones diferentes respecto a la organización de la recría, muestran que el adoptante obtiene un beneficio 20 % mayor respecto al no adoptante.

$$\frac{\partial B_i}{\partial R_i} = PLV - c_L + c_R - P_{CR}Est \quad (2)$$

Con las siguientes derivadas parciales:

$$\frac{\partial B_i}{\partial R_i} \begin{cases} PLV > 0 \\ c_R > 0 \\ c_L < 0 \\ P_{CR}Est < 0 \end{cases}$$

Lo que permite deducir algunas implicancias potencialmente observables. Si aumenta el costo del uso de los CR, disminuye el beneficio derivado de su uso, y entonces no se adoptaría. En los datos disponibles no se cuenta con la tarifa de cada campo de recría (ni el tiempo de estadía en cada uno de ellos), pero dado que se controla por el efecto individual de cada opción de CR, este costo se ve incrementado por la distancia entre el predio y el campo de recría. Por esta razón, se espera observar una relación negativa entre esa distancia y la decisión de adopción.

El aumento en el costo de producción de la superficie lechera, también disminuye el beneficio derivado de la adopción, por lo que sería un desincentivo a la misma. Se esperaría que la variable generada de costo de alimento producido en el predio, correlacione negativamente con el uso de campos de recría.

Si bien un costo interno de la recría más elevado aumentaría el beneficio de la terciarización y por esa vía el nivel de adopción, no se dispone de ese dato concreto. Sin embargo, se propone usar como proxy de este efecto, la cantidad de fracciones de campo separadas entre sí, que constituyen el establecimiento lechero; la racionalidad por detrás, es que dado que el ordeño es una actividad diaria, requiere que el rodeo productivo se encuentre dispuesto en la fracción en donde se encuentra la sala de ordeño, o por lo menos no muy lejos. Disponer de fracciones separadas entonces, implica una mayor superficie, con restricciones a su uso lechero, pero sin restricciones para el uso de recría, por lo tanto, dado todo lo demás, para estos productores el costo de la recría es más bajo, entonces se esperaría que se relacione negativamente con el grado de adopción.

Un aumento en el valor de producción de leche, tiene el efecto de aumentar los beneficios esperados de la tecnología y por lo tanto incrementa la propensión a adoptarla. Si bien los

precios no son observados en este set de datos, si se observa la productividad parcial (por vaca o por hectárea), que debería mostrar una asociación positiva con el nivel de adopción de CR.

Estas implicancias no deben considerarse en términos causales, sino como regularidades posiblemente observables, que se desprenden de un razonamiento de optimización.

4.2. Barreras a la adopción

El tamaño de la firma es un determinante teórico de la adopción tecnológica destacado en la literatura desde la tradición schumpeteriana. En una amplia revisión bibliográfica, [Cohen \(2010\)](#) ofrece las razones detrás del argumento; en primer lugar, podría suceder que un mayor tamaño económico permita diluir los costos fijos en un mayor volumen de producción y ventas; por otra parte, un mayor tamaño también está vinculado a una mayor capacidad financiera de absorber deuda, ante mercados financieros imperfectos, este argumento es muy importante. [Aboal y col. \(2018\)](#) y [Saravia y Gómez Miller \(2013\)](#) plantean el argumento que la escala de la producción puede transformarse en un elemento inhibitorio de la adopción y que el tamaño de la explotación podría limitar o condicionar la capacidad de incorporar inversiones o tecnología. [Khanal y col. \(2010\)](#), propone una asociación positiva para empresas lecheras norteamericanas entre el tamaño de la explotación y el nivel de adopción de varias tecnologías, dicha relación es más nítida para opciones técnicas intensivas en capital.

A diferencia de otros estudios de adopción de tecnología, en este caso, la escala del productor no debiera tener un impacto importante, ya que esta tecnología de proceso no requiere incurrir en costos fijos, de hecho, al ser una práctica específicamente pensada para recuperar escala productiva, debería existir un incentivo a que productores con pequeñas superficies tengan mayor propensión al uso.

Las barreras financieras, la inadecuación de crédito o sus malas condiciones, y la dependencia de los productores de sus flujos de caja, son identificadas ampliamente en la literatura como una de las mayores barreras que inhiben incorporar tecnologías disponibles [[Foster y Rosenzweig \(2010\)](#)]. Este razonamiento teórico es utilizado en [Aboal y col. \(2018\)](#) para la innovación agropecuaria en Uruguay.

Al presentar los argumentos teóricos relacionados con el tamaño de firma, se argumentó que, en mercados imperfectos, empresas más grandes pueden acceder a financiamiento en mejores condiciones. Esto abre un canal con implicaciones observables entre tamaño,

restricciones financieras, y adopción: los lecheros más grandes tendrían menos restricciones financieras, lo que los habilitaría a una mayor adopción; nótese sin embargo, que este canal tiene el efecto opuesto al antes propuesto para el canal de escala.

Las restricciones financieras no pueden ser directamente contrastadas con los datos disponibles, pero dado que remisión lechera es una actividad que genera un flujo regular de caja, una implicancia a explotar es que, en términos relativos, los productores remitentes de leche a industria tengan mayor holgura financiera respecto a los que no remiten e industrializan en su predio (queseros artesanales) y en consecuencia se observe un mayor nivel de adopción entre aquellos; sin embargo, se reconoce que esta es una aproximación con limitaciones, pues queseros y remitentes difieren también en otros aspectos¹⁹.

Arboleya y Paolino (2016) plantean que en la lechería uruguaya la heterogeneidad productiva refleja diferentes trayectorias tecnológicas posibles que implican distintas estrategias de gerenciamiento de la producción con implicancias en los niveles de competitividad y también de exposición a riesgos de mercado y coyuntura. La heterogeneidad productiva juega un papel importante, ya que aquellos establecimientos más intensivos, por un lado, por la propia complejidad de sus esquemas productivos, técnicos, y de insumos, requieren cierto nivel mínimo crítico en cuanto a capacidad gerencial, y esto puede asociarse a una estrategia más propensa a la innovación; aunque es necesario reconocer que la de campos de recría, no es, ni con mucho, la única posibilidad. Por otro lado, las propias complementariedades del paquete tecnológico típico, deberían incidir en la adopción; Khanal y col. (2010) proponen y testean que la adopción tecnológica presenta complementariedad positiva, los adoptantes de una técnica individual tienden adoptar también otras técnicas. Al respecto, Cohen (2010) advierte de la posibilidad que las relaciones de complementariedad se encuentren relacionadas a aspectos inobservables de la heterogeneidad. Se construyó un indicador de tipologías a partir de la propuesta de INALE (2016) para testear esta hipótesis. Dicha tipificación da cuenta de la heterogeneidad existente a partir de los niveles de producción, la productividad de la empresa, y la intensidad forrajera en la alimentación animal.

Si la empresa no es capaz de visualizar certeramente los potenciales beneficios y los principales riesgos que derivarían de la incorporación de cierta innovación, es menos esperable que decidan adoptar dicha técnica, esto constituiría una barrera de la familia de las

¹⁹En general los remitentes manejan rodeos mayores, superficies mayores, y tienen niveles de productividad parcial también mayores.

asimetrías de información [[Foster y Rosenzweig \(1995\)](#); [Gómez Miller \(2017\)](#)].

Las carencias de capital humano es otra potencial barrera; el nivel educativo de los productores y el acceso a asesoramiento técnico, son determinantes de la incorporación de prácticas tecnológicas y de los resultados productivos de las mismas [[Aboal y col. \(2018\)](#); [Foster y Rosenzweig \(2010\)](#)].

Los aspectos vinculados a asimetrías de información, son testeados mediante el papel del extensionismo, entendiendo que la vinculación con la extensión y el uso de asistencia técnica, pueden mitigar asimetrías y propiciar la adopción tecnológica mediante una mejor comprensión y ponderación de potenciales beneficios y riesgos. Lo mismo resulta para el aspecto de capital humano, que se puede probar a partir del efecto del nivel educativo.

[Molina y Alvarez \(2009\)](#) teorizan que en el agro uruguayo la naturaleza jurídica del vínculo con la tierra puede ser determinante a la hora de las decisiones de adopción tecnológica, si los productores temen que la inestabilidad en el usufructo comprometa la apropiabilidad de los retornos de su innovación; sin embargo, al tratarse de una práctica que no implica costos hundidos relevantes, y que tiene retornos de relativo corto plazo, en este caso de los campos de recría, este factor no estaría operando. No se espera observar un mayor grado de adopción entre aquellos productores que explotan predios con proporciones altas de tierra propia. Por otro lado, el valor de la renta y la competencia por el suelo, debería incentivar la búsqueda de rentabilizar el recurso, lo que favorecería la adopción de prácticas tecnológicas. Los productores con proporciones altas de tierra arrendada deberían adoptar prácticas innovadoras, entre ellas la de campos de recría.

Antes de cerrar esta sección y pasar a describir los datos, corresponde llamar la atención sobre un aspecto que constituye una limitación del presente trabajo. Hasta ahora se han presentado las opciones del productor en términos de enviar la recría a los campos de recría asociativos, o hacer la recría en su propio predio. Sin embargo, existe una tercera opción que consiste en un arreglo privado entre productores en donde la lógica de la especialización se reproduce: un productor lechero terceriza la actividad de recría, dejándola en manos de otro productor [[Sierra \(2009\)](#)]. Este segundo agente, de hecho podría funcionar como un campo de recría privado²⁰. Desafortunadamente no se pudo dar cuenta de esta tercera alternativa.

²⁰De acuerdo a especialistas del sector, lo frecuente son estos arreglos bilaterales entre productores, y no tanto un campo de recría privado especializado en rigor.

5. Fuentes de información

El conjunto de información necesaria se construyó a partir de dos fuentes de datos disponibles en el MGAP. En primer lugar, las declaraciones juradas de DICOSE-SNIG, tanto de nivel general como específico de lechería; a esta, se integraron las guías obligatorias de movimientos y cambio de propiedad de ganado ²¹. A esta información se le sumó la información estadística proveniente del Censo General Agropecuario 2011.

La primera de ambas fuentes de datos, provee información anual a nivel de todos los propietarios de ganado (de carne y leche) del país. Para este artículo se usa un panel que abarca los años 2009 a 2015 y cubre a todos los productores lecheros²². Los contenidos de este panel abarcan información micro sobre superficie y uso del suelo, tamaño y composición del rodeo animal, información catastral que permite su identificación geográfica, producción y destino de la misma, estructura de propiedad de la tierra, entre otras características productivas.

Para construir la variable que indica si el productor envía ganado a campos de recría, y por tanto es un usuario, se explotó el hecho de que los propietarios de ganado declaran los animales propios fuera de su establecimiento y la identificación de DICOSE del establecimiento en donde los animales se encuentran físicamente; por su parte, los responsables del establecimiento físico en donde se encuentra el ganado, declaran los animales ajenos dentro del establecimiento y los datos identificatorios de sus propietarios. De esta forma, se identificaron tanto a los establecimientos campo de recría, como a los productores usuarios y no usuarios de aquellos.

Otra construcción notable por lo que significa para este trabajo, consistió en localizar geográficamente a los predios lecheros y a los campos de recría y construir todas las distancias entre cada predio y cada campo de recría²³.

En la tabla 2 se presentan las principales características productivas de los establecimientos lecheros agregadas para todo el período (2009-2015), agrupadas según la observación corresponde a usuario o a un no usuario de servicio de campo de recría para ese

²¹La División de Contralor de Semovientes (DICOSE) es parte del Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, estas oficinas reciben todos los años una declaración jurada obligatoria para todos y cada uno de los propietarios o intermediarios de ganado, además, todos los movimientos físicos de ganado deben ser registrados y autorizados por esta oficina.

²²Se definió a un productor como lechero si declara el formulario específico de lechería, tiene al menos una vaca lechera, y tiene producción de leche no nula.

²³Las distancias se midieron por kilómetros de caminería mediante el servicio web HERE!, que se integró a la cartografía de predios construida en QGIS.

año dado. Salvo por la estructura de propiedad (definida como la proporción de tierras propias en el total de tierras explotadas), el resto de las características implican diferencias entre los usuarios y no usuarios (la tabla 7 en el anexo 9.1, sintetiza las descriptivas de las características relevantes, según datos del censo 2011).

Cuadro 2: Estadísticas descriptivas productores lecheros, panel DICOSE 2009-2015

	Usuarios CR		No usuarios CR		p-valor diferencia
	Media	Desvío	Media	Desvío	
proporción tierra arrendada	0.47	0.42	0.44	0.43	0.000
proporción tierra propia	0.40	0.41	0.40	0.42	0.663
superficie	123.9	103.5	162.4	214.4	0.000
área destino recría	26.0	28.7	44.8	68.5	0.000
total leche	405,949	345,651	350,442	453,511	0.000
vacas masa	92.4	70.1	87.6	97.4	0.001
vacas masa/área vaca masa	1.15	0.44	1.05	0.54	0.000
litros/área	3,694	1,895	2,498	1,751	0.000
especializado lechero	0.68	0.47	0.53	0.50	0.000
remitente a industria	0.93	0.26	0.68	0.47	0.000
cuenca lechera principal	0.65	0.48	0.78	0.42	0.000
cantidad de fracciones separadas	2.05	2.70	2.25	6.09	0.002

Conviene notar que la agrupación en la tabla anterior se hace en base a el estatus corriente del productor, los productores presentan diversas dinámicas a lo largo del panel, habiendo productores que son usuarios algunos años y otros años no son usuarios, y habiendo productores que siempre tomaron la misma elección. En la tabla 8 (anexo 9.1) se presentan las frecuencias en que los individuos aparecen en el panel.

Complementariamente, se dispuso de los datos a nivel de establecimiento provistos por el Censo General Agropecuario 2011. Esta información es más rica y abundante que la de DICOSE en varios aspectos, ya que reporta dimensiones informativas no incluidas en las declaraciones juradas anuales, en particular, datos sociodemográficos, datos de infraestructura y capital disponible, mano de obra, insumos y servicios utilizados, practicas productivas, entre otras. Pero obviamente esta información complementaria solo cubre el año 2011.

En el censo se distinguen los establecimientos según sean explotados por personas físicas o por personas jurídicas no físicas, del total de productores lecheros identificados, el 87 % son personas físicas; en todo lo que sigue, se restringe la base a este tipo de explotaciones ²⁴. Además, corresponde destacar que no existe una relación biunívoca que mapee establecimientos del censo y registros de DICOSE, pues es posible que un establecimiento

²⁴La exclusión de ese 13 % de productores implica el 34 % de la leche producida en el año 2011.

tenga más de un número de DICOSE. Para el año 2011 se emparejaron ambas bases, resultando que el 91 % de los establecimientos del censo son establecimientos con un único DICOSE ²⁵. En la construcción de la base en panel, se decidió no realizar un balanceo forzoso, para no perder aquellos casos que no estaban en censo 2011, por ese motivo se prefirió mantener las bases separadas y tomar la simplificación de criterios donde un número de DICOSE se considera un predio. De esta forma, queda hecha la advertencia de que cuando se realizan ejercicios basados en la información de corte transversal del CGA 2011, o cuando se realizan ejercicios basados en información de panel DICOSE 2009-2015, las definiciones de la unidad de análisis difieren levemente.

Antes de pasar a las secciones empíricas, corresponde una consideración final respecto a la construcción de los datos. En general los datos administrativos no están exentos de la posibilidad de error; en la base de datos final utilizadas para estimar impactos, se excluyeron las observaciones atípicas de acuerdo al valor de las variables litros de leche por hectárea y la variable dependiente de turno²⁶.

6. Factores que contribuyen a explicar el uso de campos de recría

Para estimar la contribución de diferentes factores a la decisión de adoptar la práctica de interés, se ajustaron regresiones que son variaciones del modelo de la probabilidad de que un productor adopte el uso de campos de recría asociativos. En todos los casos la variable dependiente es la indicadora de adopción de la técnica y vale 1 cuando el productor i envía animales al campo de recría k .

En primer lugar, se especificó un modelo de corte transversal sobre el set de datos provenientes del censo agropecuario del año 2011. Estos modelos controlan por un vector observable de características del productor i : edad del productor, nivel educativo, uso de asistencia técnica, familiares en condiciones de sucesión en el negocio, superficie, productividad medida en litros por hectárea, características y tamaño del rodeo lechero, variables vinculadas con la propiedad de la tierra, y otros atributos prediales y productivos que se detallan en el apartado de los resultados. Se incluye un set de variables *dummy* que

²⁵Ver frecuencia completa en anexo 9.1.

²⁶Se definieron como atípicos los valores inferiores al 2 % o mayores al 98 % de la distribución. Los percentiles son coherentes con las distribuciones de las variables en la encuesta lechera de INALE de 2014. En todos los casos se excluyeron los valores extremos de la variable litros por hectárea, y además de la variable de resultados pertinente. Por variable, el porcentaje de casos desechados fue el siguiente: litros por hectárea, 5.5 %; litros por vaca en ordeño, 7.3 %; carga vacas masa, 4.3 %; total leche, 5.1 %.

representan el efecto fijo por cada campo de cría.

En la especificación anterior se supone que la única posibilidad de heterogeneidad inobservable es el error idiosincrático del productor i . La estructura productiva observable de los productores muestra rasgos de heterogeneidad, por lo tanto, se podría sospechar que también podrían existir factores heterogéneos vinculados a la productividad o la actitud hacia la innovación y que pudiesen afectar las decisiones tecnológicas. Se permite entonces, un efecto heterogéneo específico a cada productor, que resume esas características inobservables. Se explota la estructura de los datos de declaraciones juradas de DICOSE-SNIG para ajustar un modelo de decisión en panel, en donde ahora el vector de características del productor i para el momento t incluye: distancia al CR más próximo, superficie, productividad medida en litros por hectárea, características y tamaño del rodeo lechero, variables vinculadas con la propiedad de la tierra, y otros atributos prediales y productivos que se detallan en el apartado de los resultados. En estos modelos se incluyen indicadores del año como forma de capturar las condicionantes nacionales e internacionales que afectan coyuntura y tendencias en el sector lechero.

En general el comportamiento de los modelos lineales de panel no se extiende al caso de modelos no lineales, por lo cual este tipo de especificaciones presentan algunos desafíos.

Como última variación, se especificó un modelo probit de efectos aleatorios como en Chamberlain (1984)²⁷, esto implica que se deban realizar algunos supuestos adicionales, en particular, un supuesto fuerte, es que el componente inobservable, condicional en las características observadas, sigue una distribución conocida normal y que conocemos la forma de su esperanza condicional²⁸.

6.1. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la estimación de los modelos introducidos en la sección precedente, la interpretación se hace a la luz de las líneas presentadas en la sección 4.

En la tabla 3 se muestran los resultados de los modelos para los datos de corte transversal provenientes del censo agropecuario (columnas 1 y 2), y de los modelos estimados a

²⁷Cuando existe una alta proporción de individuos cuyo resultado es constante a lo largo de todo el panel, como en esta muestra, el modelo probit de efectos aleatorios es más apropiado, ya que el de efectos fijos no está identificado en aquellos casos.

²⁸De hecho, lo que se está haciendo es modelar el efecto heterogéneo medio en base a características observables, en este caso el sub-set de características utilizadas, está constituido por la media a lo largo del panel para cada individuo de las variables producción total de leche, cantidad de vacas lecheras por unidad de superficie, y productividad en términos de superficie.

partir del panel de datos SNIG 2009-2015 (columnas 3 a 5). Como se explicitó en la sección 5, las dos fuentes de datos tienen información distinta y complementaria, a grandes rasgos, el comportamiento de aquellas variables que se pudieron construir tanto en los modelos de corte transversal como en los de panel, se observa cualitativamente similar. Los signos y niveles de significación de los coeficientes, en general, tienen un comportamiento robusto en todas las especificaciones de la tabla.

Acorde a lo esperado, la distancia en kilómetros entre un predio lechero y un campo de recría, implica un costo incremental, y afecta negativamente la probabilidad de que un individuo sea un usuario pues disminuye su beneficio esperado.

Es esperable que la edad del productor esté fuertemente correlacionada con la edad de la empresa; a su vez, la edad de la empresa se asocia positivamente con la acumulación de capacidad absorptiva, con la acumulación de aprendizaje por la práctica, y en general con la habilidad de organización del conocimiento en la firma [Cohen y Levinthal (1989)]. El coeficiente de las variables edad, y edad al cuadrado, muestran evidencia de que puede existir un efecto no lineal de este estilo, primero positivo y que se empieza a revertir a partir de cierto tramo de edad.

Un resultado inesperado es el relativo a la dimensión del capital humano, el nivel educativo no muestra relación significativa con el uso de los campos de recría, en función de los mecanismos propuestos, se esperaba que esta fuera positiva; si el nivel educativo captura la dimensión del capital humano de forma adecuada, estos resultados sugerirían que este factor no está actuando como una barrera, la base de conocimientos necesarias asociable a esta técnica podría no ser importante.

La competencia por usos alternativos de la tierra, y la presión ejercida sobre el precio de la tierra y los arrendamientos, llevan a buscar estrategias de intensificación del recurso, precisamente, el uso de campos de recría es una estrategia de este tipo. Por otro lado, se argumentó en el marco teórico, que en el caso de la práctica de uso de campos de recría, el mecanismo de la vinculación inestable propuesto por Molina y Alvarez (2009), no operaría. El signo positivo del coeficiente de la variable proporción de tierra arrendada, entonces, estaría en línea con ambos fenómenos.

El mayor uso de asistencia técnica también muestra una relación positiva y significativa de acuerdo con la expectativa teórica, el mecanismo por detrás de este efecto está vinculado con un manejo más eficiente de la información, que mitigue posibles asimetrías, y principalmente reduzca costos de procesar la información disponible, y, de acuerdo a lo

Cuadro 3: Determinantes de la adopción. Variable dependiente: usuario de campo de recría. Modelos de corte transversal y panel. Efectos marginales

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Panel A. Muestra: CGA 2011		Panel B. Muestra: SNIG 2009-2015		
	MCO	Probit	MCO <i>pooled</i>	MCO FE	Probit RE
Distancia al CR	-0.0018*** (0.0002)	-0.0015*** (0.0002)	-0.0011*** (0.0001)	-0.0048*** (0.0019)	-0.0009*** (0.0001)
Edad	0.0079*** (0.0028)	0.0098*** (0.0033)			
Edad2	-0.0001** (0.0000)	-0.0001*** (0.0000)			
Nivel educativo	-0.0051 (0.0059)	-0.0026 (0.0056)			
Asistencia Técnica	0.0373*** (0.0106)	0.0419*** (0.0121)			
Costo alimento producido	-0.0025*** (0.0003)	-0.0013*** (0.0002)			
Proporción de tierra propia	0.0068 (0.0238)	0.0001 (0.0262)	0.0404*** (0.0060)	-0.0017 (0.0191)	0.0252*** (0.0094)
Proporción de tierra arrendada superficie	0.0159 (0.0245)	0.0060 (0.0267)	0.0205*** (0.0059)	-0.0018 (0.0167)	0.0187** (0.0090)
Litros por hectárea	-0.0001*** (0.0000)	-0.0002*** (0.0000)	-0.0001*** (0.0000)	0.0000 (0.0000)	-0.0001*** (0.0000)
Cantidad de fracciones separadas			0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)
Especializado lechero	-0.0043 (0.0112)	-0.0106 (0.0107)	-0.0003* (0.0002)	-0.0001 (0.0002)	-0.0004 (0.0004)
Remitente a industria	0.1143*** (0.0230)	0.0955*** (0.0141)	0.0222*** (0.0040)	-0.0017 (0.0056)	0.0140*** (0.0046)
Tipo tecnológico 1	0.1288*** (0.0076)	0.0955*** (0.0141)	0.1288*** (0.0076)	0.0170 (0.0115)	0.0632*** (0.0071)
Tipo tecnológico 2	-0.0941*** (0.0233)	-0.0590*** (0.0149)	-0.0910*** (0.0086)	-0.0086 (0.0107)	-0.0196*** (0.0065)
Tipo tecnológico 6	-0.0490* (0.0250)	-0.0098 (0.0162)	-0.0335*** (0.0097)	-0.0034 (0.0102)	-0.0034 (0.0063)
Tipo tecnológico 8	-0.0540* (0.0309)	-0.0035 (0.0210)	-0.0378*** (0.0122)	-0.0002 (0.0140)	-0.0003 (0.0098)
Tipo tecnológico 10	-0.0844*** (0.0325)	-0.0413*** (0.0155)	-0.0498*** (0.0115)	0.0127 (0.0139)	0.0036 (0.0080)
Tipo tecnológico 12	-0.1191*** (0.0354)	-0.0373 (0.0280)	-0.1546** (0.0707)	-0.0198 (0.0179)	-0.0280 (0.0254)
Observaciones	3,018	2,992	23,533	23,533	23,399
dummy CR	Si	Si	Si	No	Si
dummy temporal			Si	Si	Si

Nota: Panel A, corte transversal con CGA 2011; Panel B, datos de panel SNIG-DICOSE 2009-2015. Controles: relación recría carga total, vacas masa por hectárea vaca masa, cuenca lechera principal. Modelo (5) incluye: media en el panel por individuo, para: total leche, vaca masa por hectárea vaca masa, y litros por hectárea.

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

esperado a partir de la teoría de la inatención racional, habilite decisiones de inversión y adopción técnica.

Una hipótesis habitual en la literatura de barreras a la adopción tecnológica, es que la escala es una barrera clave; en este artículo se planteó que esa barrera no sería importante para explicar la no adopción de campos de recría, ya que justamente el arreglo asociativo es una forma de acceder a escala por parte de productores de todo tamaño, en consecuencia, se debería esperar una relación no significativa o negativa. En la sección 4 se ofreció otro mecanismo teórico por el cual el tamaño afecta la capacidad de financiamiento del establecimiento y a través de esta mitiga barreras financieras. Finalmente, se comprueba un efecto significativo y negativo pero muy pequeño, los predios más chicos tienen mayor propensión a adoptar la práctica, por lo que el primer efecto de atracción a productores buscando ganar en escala estaría compensando al efecto financiamiento del tamaño. Otra posible interpretación es que las restricciones financieras en este caso particular no sean importantes, sin embargo, esta posibilidad es poco probable dado que los problemas financieros atraviesan el sector.

Los productores remitentes a industria tienen una clara propensión a usar campos de recría por sobre los productores no remitentes, esto podría ser interpretado como evidencia parcial de la validez de restricciones financieras. Por su parte, el hecho de ser especializado en lechería, si se miran los modelos de corte transversal, resulta ser negativo (o no significativo) respecto a los productores que además producen algún otro rubro agropecuario; sin embargo, en los modelos de panel, el resultado es positivo y significativo (excepto para el modelo de efectos fijos, en cuyo caso es no significativo), más en línea con lo que cabría esperar para una tecnología que apunta a la especialización productiva.

Uno de los mecanismos destacados en la sección 4, indicaba que la heterogeneidad, en cuanto a niveles de productividad y de intensidad tecnológica, tiene un efecto determinante a la hora de adoptar la práctica de campos de recría. Para chequear esta idea se replicó la tipología de productores propuesta por INALE (2016) mediante variables construidas a modo de proxy de la misma ²⁹. A grandes rasgos, estas *dummies* indican niveles crecientes de producción total, pero no necesariamente de intensidad productiva sobre los recursos, de hecho, Arboleya y Paolino (2016), usan la misma tipología para mostrar las diferentes formas de organizar los recursos en la producción lechera, y los conectan con los resultados

²⁹La tipología se basa en la intensidad de alimentación de las vacas lecheras, aspecto tecnológico central del rubro, en el nivel de producción de leche total, y en la productividad por unidad de superficie. En total son 7 categorías.

económicos y los riesgos ante perturbaciones negativas. No es objetivo de este trabajo desarrollar todos los matices tras esta tipificación de la heterogeneidad productiva del sector, baste aquí decir que los modelos 4 y 12 son más productivos e intensivos en costos productivos; dado que se excluye la indicadora del nivel 4, los efectos negativos reportados en la tabla 3 indican una alta complementariedad con esquemas de alta intensidad y de mediana o pequeña escala. El signo negativo del tipo tecnológico 12 respecto al 4, ambos similarmente intensos en asignación de alimentos, respondería al mayor tamaño absoluto de este último modelo. La inclusión de estas variables ayuda a controlar, hasta cierto punto, la presencia de efectos heterogéneos.

En la sección 4 se propuso un modelo esquemático de los beneficios asociados de los campos de recría, del que se derivaron algunas implicancias que deberían poder observarse en los datos. La cantidad de fracciones de tierra separadas entre sí, como aproximación imperfecta de los costos diferenciales de las actividades internas de recría, inclinaría la decisión hacia internalizar el proceso, el coeficiente negativo favorece este argumento, sin embargo, solo en una de las especificaciones adquiere nivel significativo (este dato solo pudo ser construido para la muestra de panel). El costo de alimentación de las vacas lecheras, dado todo lo demás, disminuye los beneficios de la técnica, de acuerdo a lo esperado, los resultados son negativos y significativos (esta variable fue construida solamente para la muestra de sección cruzada). Finalmente, el mayor ingreso esperado por la incorporación de más superficie productiva al rodeo en producción, medido en este caso mediante la productividad en litros por hectárea, aumenta el beneficio esperado y en consecuencia debería observarse una correlación positiva con el uso de los campos de recría. En este caso los efectos marginales estimados son tan pequeños, que, aunque significativos, se acercan a cero.

Resulta interesante establecer una comparación con los resultados informados en [Aboal y col. \(2018\)](#) a partir del análisis de la encuesta de innovación agropecuaria. En dicho trabajo se encontraban efectos marginales positivos entre tamaño y adopción tecnológica, y nivel educativo y adopción tecnológica; mientras que aquí, el efecto marginal de la educación no resultó significativo, y el efecto de la escala resultó significativamente negativo; además, otra diferencia es que en esta tesis la especialización tiene efecto positivo para predecir la adopción de la práctica. Esta comparación, aunque ilustrativa, debe matizarse en el sentido de que, en aquel trabajo se utiliza un índice de tecnologías, mientras que aquí el foco está puesto en una tecnología en particular; ambos estudios difieren además en la

fuentes de información utilizada.

7. Identificación de efectos causales basada en variables instrumentales

Una vez determinados aquellos factores que contribuyen a explicar por qué algunos productores usan campos de recría y otros no, es natural preguntarse cuál es el efecto causal de la adopción de esta tecnología sobre los resultados productivos.

De acuerdo a la sección 4, las variables de resultados de interés donde evaluar impacto, son: la productividad parcial de leche por unidad de superficie lechera, la productividad parcial de leche por vaca en ordeño, y la intensificación, medida como cantidad de vacas masa por unidad de superficie³⁰. Para esta sección definimos el tratamiento como el uso de los campos de recría asociativos.

Formalmente el impacto de un tratamiento D para un individuo i , es la diferencia entre el resultado potencial en presencia de tratamiento y el resultado potencial en ausencia de tratamiento $[Y_i(1) - Y_i(0)]$. Como un individuo dado solo puede recibir un único nivel del tratamiento (esto es, recibir el tratamiento o no recibirlo), solo se puede observar un único resultado potencial. En consecuencia, el efecto causal no puede ser observado [Athey y G. W. Imbens (2017)].

J. Angrist y G. Imbens (1995) y J. D. Angrist y col. (1996), a partir de este enfoque de resultados potenciales, proponen una forma de identificar el efecto causal mediante una estrategia de variables instrumentales, y describen los supuestos y condiciones en que la interpretación causal es válida. En lo que resta de este apartado se formaliza el método siguiendo la exposición de los mencionados autores.

Sea $D_i(Z_i) = d$, con $d = 0, 1$; la indicadora del tratamiento, asociada a un instrumento de asignación al tratamiento Z_i . Sea $Y_i(Z_i, D_i)$ el resultado potencial de la variable de respuesta para el individuo i , condicional a la asignación al tratamiento y al tratamiento efectivo.

En primer lugar, se requiere que la correlación entre el tratamiento y el instrumento de asignación, o una transformación escalar $g(\cdot)$ de este, sea diferente de cero, esto es $Cov(D, g(Z)) \neq 0$. Esto hace a la relevancia del instrumento.

³⁰Se trata de indicadores parciales e incompletos de productividad, no es el objetivo de esta tesis abordar el tema de la medición de la productividad en lechería, para un buen estudio en el tema ver Pérez Quesada (2017).

La segunda condición para construir una interpretación causal, es lo que se conoce como restricción de exclusión. Según esta, el único efecto del instrumento en la variable de respuesta tiene que canalizarse por vía del tratamiento, $Y_i(z', d) = Y_i(z, d)$, con $z' > z$.

Un tercer requisito es que la asignación del instrumento sea ignorable o exógena, esto no quiere decir que el tratamiento propiamente dicho sea ignorable, si no que la asignación al tratamiento lo es. La combinación de ambos supuestos se resume en la condición clásica de no correlación del instrumento con los errores idiosincráticos; sin embargo, como abogan [J. D. Angrist y col. \(1996\)](#), considerarlos separadamente permite ser más transparente a la hora de interpretar sus implicancias, plausibilidad, o posibles violaciones.

En el escenario introducido hasta ahora, pueden delinearse 4 posibles grupos de acuerdo a la respuesta del tratamiento a la asignación, esto es, al resultado $D_i(g(Z_i)) = d$. El principio de monotonicidad, $D_i(z') \geq D_i(z)$, con $z' > z$, establece que no existe el grupo de desafiantes definidos por $D(z) = 1$ o $D(z') = 0$ ³¹.

Finalmente, a partir del enfoque de resultados potenciales, el teorema de [J. Angrist y G. Imbens \(1995\)](#) deriva el estimador de variables instrumentales como un estimador insesgado del efecto tratamiento. Bajo estas condiciones, dicho estadístico puede ser interpretado en términos de causalidad como el efecto local promedio del tratamiento, *LATE*, por sus iniciales en inglés. La interpretación del *LATE* es la del efecto causal promedio para la población de individuos cooperativos. Esta afirmación es importante en tanto que este grupo no puede identificarse directamente desde los datos observacionales.

El estimador de variables instrumentales, conceptualmente, puede ser expresado como estimaciones en dos etapas independientes.

$$\text{Etapa 1 : } Pr[a_{it} = 1] = \hat{a}_{it} = \Phi(Z_{it}\nu + X_{it}\delta_1 + CR_k + \lambda_t) \quad (3)$$

$$\text{Etapa 2 : } \Delta Y_{it+2} = \hat{a}_{it}\beta + X_{it}\delta_2 + CR_k + \lambda_t + \mu_{it} \quad (4)$$

La ecuación 3 describe la primera etapa, y consiste en la estimación de la probabilidad del tratamiento endógeno, de acuerdo al vector de instrumentos Z_i y otras covariables X_i , incluidas con el fin de respetar la condición de exclusión. En la segunda etapa (ecuación 4), se regresa la variable de interés sobre el tratamiento predicho en 3, y las covariables X_i . La variable dependiente representa la situación post tratamiento y fue definida como

³¹Claramente la monotonicidad puede definirse en el sentido negativo.

el incremento en el resultado de interés dos periodos después del tratamiento ³².

Dado que por los resultados presentados en la sección 6 parece claro que el tratamiento es endógeno, regresar las variables de resultado en el tratamiento devuelve estimaciones inconsistentes del verdadero impacto. En consecuencia, para estimar el impacto de los campos de recría se implementó una estrategia de variables instrumentales como la recién presentada. La identificación de los efectos causales, entonces, está fundada en cambios exógenos en el uso de los campos de recría determinados por la disponibilidad de campos de recría en el entorno de los productores; se cuenta con la medida de la distancia del establecimiento lechero al campo de recría más próximo como variable instrumental.

7.1. Validez de la estrategia

Conceptualmente es plausible que la distancia se asocie con un mayor costo de tomar el tratamiento, influenciando por esta vía la probabilidad de adoptarlo. Por otra parte, la distancia, por definición está determinada por la ubicación de productores y campos de recría; pero las decisiones de localización de los productores no dependen de la localización de los CR, más bien están influenciados por la ubicación de sus mercados relevantes, por la disponibilidad y calidad de la tierra, y por factores históricos de desarrollo de esta industria que son anteriores a la existencia de los campos asociativos de recría. Por su parte, los campos de recría, tienen restricciones para decidir sobre su ubicación; todos los campos considerados en este análisis son tierra propiedad del INC, por lo tanto, un primer obstáculo lo constituye la disponibilidad de campos en poder del instituto. La propiedad del suelo en manos del INC, impone otra restricción formal o burocrática, en cuanto que los procesos de compras de tierra, o de adjudicación de fracciones a los distintos interesados, son complejos y bastante demorados (actualmente existen tramites de adjudicación con año de inicio 2017, y las demoras fueron incluso más largas en años anteriores). La renta por la tierra con la que colonización carga a los campos de recría es inferior a los precios de mercado; a su vez, la recría lechera por sí misma, no es un negocio competitivo con la cría o recría de ganado carnicero; por lo tanto aquella tiende a estar confinada en tierras públicas del instituto ³³. Otra característica que limita la elección de ubicación es que en las zonas típicamente lecheras, los campos son de alta calidad y los fraccionamientos

³²Se estimaron las mismas ecuaciones para un adelanto de tres períodos respecto al tratamiento con resultados similares en cuanto a signo, pero de magnitudes algo mayores y más imprecisos. Esos resultados, no reportados en este artículo, están disponibles a demanda.

³³[Ignacio Arboleya, entrevista personal, diciembre 2019].

son más bien de pequeño o mediano tamaño; por su parte, los campos de recría necesitan campos más grandes y de calidad ganadera, menor que la calidad de campos lecheros³⁴.

Por esa razón, se considera que el instrumento de disponibilidad, distancia al CR más próximo, funciona como una asignación ignorable al tratamiento y es una fuente válida de variabilidad exógena. Por otra parte, se puede argumentar que no parecería haber razones para esperar una conexión causal entre la distancia de un campo de recría y un predio lechero, con la productividad de este último. En esta sección se presenta evidencia estructurada, y también ad-hoc, a favor de la validez y la relevancia del instrumento utilizado.

El principio de monotonicidad exige que la probabilidad condicional del tratamiento al instrumento sea creciente. En el caso bajo estudio, este principio implica que aquellos productores que no toman el tratamiento, tampoco lo tomarían si tuviesen menor disponibilidad de campos de recría, o que aquellos que toman el tratamiento, lo tomarían también si tuviesen mayor disponibilidad a menor distancia.

En el cuadro 10 se muestran la cantidad de tratados de acuerdo al ranking de distancias a los distintos campos de recría, el 83 % de los tratados es usuario de uno de los tres primeros rankeados. Respecto a los no tratados, la media de distancia es 60.1 km (siendo 53.9 km para los tratados);³⁵ además, el 70 % de los no tratados se encuentra a más de 40 kilómetros.

Otra condición fundamental de validez para una variable instrumental, es que se trate de un instrumento relevante, o sea, que esté correlacionado con el predictor endógeno al que sirve de instrumento. En el cuadro 4, se presenta la primera etapa de la estimación por variables instrumentales que consiste en la estimación del modelo de probabilidad del tratamiento en función de las covariables de control y el instrumento disponible. En las tres especificaciones se introduce sucesivamente, solamente la distancia, otras covariables de control, variables indicadoras de año y campo de recría. Las tres alternativas conducen a resultados robustos para el efecto de la distancia, que muestra un alto poder predictivo del tratamiento; un kilómetro adicional de distancia hasta el campo de recría próximo, disminuye la probabilidad de enviar animales al mismo en 0.07 %, un productor 50 kilómetros más lejos que otro, tendría un 3,5 % menos de probabilidad de decidir

³⁴Entre los años 2010 y 2015, según DIEA (2018), se transaron más de 1,7 millones de hectáreas en el mercado de tierras, el instituto participó comprando 55,000 hectáreas, 3 % del total.

³⁵El p-valor asociado a la prueba de que las medias son iguales, es cero.

adoptar la práctica³⁶.

Cuadro 4: Primera etapa del modelo del efecto tratamiento. Modelos de probabilidad de la variable dependiente *Tratamiento*, estimación probit. Efectos marginales

	(1)	(2)	(3)
	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
Distancia mínima	-0.0005*** (0.0001)	-0.0003*** (0.0001)	-0.0007*** (0.0001)
Observaciones	15,264	15,264	15,184
Controles	No	Si	Si
dummy CR	No	No	Si
dummy temporal	No	No	Si

Controles: vacas masa, fracciones separadas, proporción tierra arrendada, proporción tierra propia, cuenca lechera, superficie, especializado, remitente, tipología INALE. Errores estándar robustos *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

La condición de exclusión implica que el instrumento solo debería afectar al tratamiento, y no debería, en principio, vincularse de otro modo con la productividad o con los elementos no explicados de la productividad; todo el efecto del instrumento sobre la variable de respuesta, debe estar mediado por el regresor endógeno al que instrumenta. La exogeneidad del instrumento es un supuesto que hay que mantener y como tal no puede ser demostrado, pero puede presentarse evidencia de su plausibilidad.

A continuación se presentan posibles test de falsación de la metodología. Se estimó el impacto por variables instrumentales del tratamiento sobre las variables de resultado: vacas masa por hectárea, litros por hectárea lechera y litros por vaca en ordeño, para el incremento entre el año t-2 (anterior al tratamiento) y el año corriente. Se esperaría que no existiesen efectos significativos, dado que el tratamiento no pudo haber tenido influencia en los resultados anteriores; de encontrarse efectos significativos, entonces la condición de exclusión es más difícil de creer.

En la tabla 5 se estimó el referido test placebo para las 3 variables de resultados de interés. Cada columna de cada panel representa un estimador alternativo, en la primera columna, a modo de referencia, se estima el modelo de mínimos cuadrados de panel (MCO FE), con el regresor endógeno tratamiento; las restantes columnas dan cuenta de la endogeneidad del tratamiento. El estimador de la segunda columna, estima el modelo de impacto por variable instrumental (VI); en tanto en la columna 3 se estima un modelo de

³⁶En rigor los efectos marginales están estimados para un corrimiento infinitesimal de la distancia respecto a la media.

Cuadro 5: Test de falsación: impacto del tratamiento en la variable dependiente rezagada. incremento t, t-2.

	Panel A: Vacas masa por hectárea			Panel B: Litros por hectárea vaca masa			Panel C: Litros por vaca ordeño		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	-0.00411 (0.0107)	-0.123*** (0.0263)	-0.103*** (0.0223)	88.63 (97.82)	-133.3 (204.3)	37.52 (175.1)	224.6*** (87.12)	14.32 (150.2)	124.2 (152.2)
Observaciones	14,856	14,781	14,856	15,217	15,138	15,217	14,522	14,462	14,522
	Panel D: Vacas masa por hectárea. Productores especializados			Panel E: Litros por hectárea vaca masa. Productores especializados			Panel F: Litros por vaca ordeño. Productores especializados		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	-0.0124 (0.0131)	-0.0890** (0.0392)	-0.0763** (0.0338)	259.8** (126.2)	84.51 (309.3)	97.76 (270.1)	295.5*** (103.6)	-138.1 (215.1)	-157.4 (229.8)
Observaciones	8,240	8,227	8,240	8,461	8,448	8,461	8,082	8,071	8,082
	Panel G: Vacas masa por hectárea. Productores no especializados			Panel H: Litros por hectárea vaca masa. Productores no especializados			Panel I: Litros por vaca ordeño. Productores no especializados		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	0.0180 (0.0181)	-0.130*** (0.0383)	-0.122*** (0.0310)	-215.1 (165.2)	-211.4 (304.8)	43.40 (242.3)	103.9 (171.3)	-48.48 (227.0)	322.9 (216.7)
Observaciones	6,616	6,520	6,616	6,756	6,655	6,756	6,440	6,356	6,440

Controles: dummies para cada año y para cada campo de cría (excepto en modelos MCO, solo dummy año), vacas masa por hectárea vaca masa, cantidad de fracciones separadas, proporción tierra arrendada y propia, cuenca, superficie, indicadora de especialización y de remisión a industria, y dummies de tipología tecnológica INALE. Errores estándar por cluster a nivel de grupo panel, excepto modelos EBTM (bootstrap 500 simulaciones). *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

dos pasos, donde el tratamiento endógeno es consistentemente estimado como una variable binaria (EBTM)³⁷. Nótese que en el panel A, que presenta la estimación de la regresión para la variable vacas masa por hectárea, los coeficientes estimados son altamente significativos, lo que representa un problema al momento de interpretar las estimaciones de los coeficientes de impacto para esta variable. Para las demás variables de impacto, los coeficientes de tratamiento son no significativos, con excepción del estimador endógeno MCO en el Panel C, por tanto, parece confirmarse la conveniencia de lidiar con la endogeneidad mediante la estrategia de variables instrumentales.

Una distinción que resulta interesante, es discernir si existen impactos diferentes por grupos: por un lado, el impacto de los campos de cría en el grupo de los productores lecheros especializados por completo en el rubro, y, por otro lado, en el grupo de los productores que además de lechería, tienen algún otro rubro productivo (por lo general

³⁷ *Endogenous Binary Treatment Model* [Heckman (1977); Cameron y Trivedi (2005)].

agricultura o ganadería). Por ese motivo en los paneles D a I, se reproduce el test para estas sub-poblaciones. La misma conclusión general se extiende para estos casos; mirando los litros por superficie lechera, o litros por vaca lechera, los coeficientes de las estimaciones que instrumentan el tratamiento no son significativas, y por tanto, serían válidas en este esquema de falsación; mirando la variable que da cuenta de la intensidad de vacas por superficie, los resultados significativos anulan la posterior interpretación de estimaciones de impacto.

7.2. Resultados

Con los resultados presentados hasta ahora, se intentó establecer que los instrumentos son plausibles y que por lo tanto se puede identificar el efecto del tratamiento entre aquellos productores que son influenciados por el instrumento, esto es, que reaccionan a la distancia y a la disponibilidad de campos de recría en la cercanía. En la tabla 6, finalmente, se reportan los resultados de las estimaciones para los impactos sobre el incremento de la productividad en leche por hectárea, sobre el incremento en la productividad individual por vaca ordeñe, y sobre la carga de vacas lecheras por hectárea, en todos los casos la variable dependiente es computada como el incremento dos períodos después del tratamiento respecto al nivel del período de tratamiento.

Los paneles A, D y G, informan el aumento de la cantidad de vacas masa por hectárea para el total de productores, para los productores especializados, y para los productores no completamente especializados, respectivamente. Poco puede decirse de estos resultados pues si bien parece haber resultados significativos (y negativos en este caso), se ha mostrado en la sub sección anterior, que esas estimaciones no cumplen con pasar el test placebo y entonces no sería válido hacer interpretaciones sobre los resultados.

Cambiando la atención hacia la variable productividad parcial por factor tierra, se desprende del panel B que los resultados estimados no son estadísticamente significativos. Este resultado es similar al reportado en [Aboal y col. \(2018\)](#), que no pueden establecer una relación significativa de la adopción tecnológica con la productividad por hectárea. Mirando el panel E, se puede hacer la misma interpretación para los productores especializados: no hay impactos significativos. Sin embargo, en el panel H, que presenta los resultados de las estimaciones para el grupo de productores que no han completado un proceso de plena especialización o han optado por una estrategia diversificada, se aprecia que en las especificaciones que sobreviven los test de falsación, se obtienen coeficientes de

impacto positivos y significativos, y robustos a la especificación: el uso de los campos de recría entre aquellos productores lecheros no completamente especializados, incrementa la productividad parcial en litros por hectárea lechera³⁸. Este resultado está en línea con el impacto en la misma variable, encontrado por [Aguirre y col. \(2017\)](#), para el caso de la intervención Agua para la Producción Animal del MGAP del año 2011, en donde el impacto reportado es de entre 8% y 13%. Los resultados también son cualitativamente similares a los hallados en [Marton y col. \(2016\)](#), para una práctica similar a la de campos de recría, en el sector lechero suizo.

En la sección 4 se planteó un segundo mecanismo por el que se podrían canalizar los impactos de la recría lechera tercerizada, a grandes rasgos, la idea es que se daría un proceso de mejora genética y rejuvenecimiento del rodeo, y esto implicaría un incremento del potencial productivo individual por vaca. Finalmente, también podría darse que, en realidad, al enviar animales de recría a los CR, y de esta forma liberar área productiva, en lugar de aumentar la carga, la estrategia consista en producir más alimento y aumentar la asignación de forraje por animal, de esta forma aumentando su producción individual. Por ese motivo, en los paneles C, F e I, se estimó el impacto en la variable de resultado litros por vaca en ordeño. Si bien la lectura de las estimaciones de falsificación evidencia que el test es superado, las estimaciones del efecto del tratamiento no resultan significativas.

Lamentablemente entonces, para el grupo de productores no completamente especializados, no se puede determinar a través de que mecanismo se estarían generando los impactos en el incremento de litros por hectárea, efecto del tratamiento, ya que ni el canal del aumento de la carga lechera, ni el canal de la productividad individual son significativos, podría suceder que ambos mecanismos se estén compensando, o también puede que se trate de un problema de precisión de las estimaciones.

Un argumento que podría estar por detrás de estos discretos resultados, y que podría complementar la interpretación, proviene de las particularidades de los efectos esperables del uso de campos de recría. En las etapas iniciales posteriores a la adopción de la práctica, la incorporación de superficie lechera, desencadena un proceso de crecimiento con aumento de los indicadores de producción y productividad; este proceso, sin embargo, tiende a tener una inflexión y estabilizarse en un estadio productivo más alto. Dadas las características del tratamiento y de la muestra, no es posible aislar estos impactos diferenciales por tramos.

³⁸La media de la variable litros por hectárea vaca masa, para los productores no especializados y no tratados es 3,500 litros/hectárea.

Cuadro 6: Impacto del tratamiento en resultados productivos. Incremento $t, t+2$.

	Panel A:			Panel B:			Panel C:		
	Vacas masa por hectárea			Litros por hectárea vaca masa			Litros por vaca ordeño		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	0.00748 (0.0107)	-0.0685** (0.0319)	-0.0726*** (0.0250)	-27.39 (97.48)	116.5 (253.7)	288.1 (203.5)	-48.91 (84.11)	45.46 (164.0)	20.91 (166.5)
Observaciones	14,869	14,793	14,869	15,264	15,184	15,264	14,597	14,540	14,597
	Panel D:			Panel E:			Panel F:		
	Vacas masa por hectárea. Productores especializados			Litros por hectárea vaca masa. Productores especializados			Litros por vaca ordeño. Productores especializados		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	0.00914 (0.0122)	-0.137*** (0.0453)	-0.152*** (0.0363)	50.61 (104.6)	-271.5 (352.7)	-233.3 (300.8)	-69.14 (101.2)	-6.184 (224.8)	33.79 (236.8)
Observaciones	8,249	8,232	8,249	8,495	8,478	8,495	8,143	8,128	8,143
	Panel G:			Panel H:			Panel I:		
	Vacas masa por hectárea. Productores no especializados			Litros por hectárea vaca masa. Productores no especializados			Litros por vaca ordeño. Productores no especializados		
	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM	MCO FE	VI	EBTM
Tratamiento	0.0195 (0.0227)	0.000763 (0.0525)	0.00635 (0.0370)	14.68 (191.0)	708.4* (388.0)	1,021*** (296.5)	-33.41 (155.0)	130.0 (265.4)	94.63 (257.5)
Observaciones	6,620	6,525	6,620	6,769	6,670	6,769	6,454	6,377	6,454

Controles: dummies para cada año y para cada campo de recría (excepto en modelos MCO, solo dummy año), vacas masa por hectárea vaca masa, cantidad de fracciones separadas, proporción tierra arrendada y propia, cuenca, superficie, indicadora de especialización y de remisión a industria, y dummies de tipología tecnológica INALE. Errores estándar por cluster a nivel de grupo panel, excepto modelos EBTM (bootstrap 500 simulaciones). *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Cuando se trabaja con estrategias de identificación que estiman $LATE$, debe recordarse que no se está estimando el efecto causal promedio en la población tratada, sino que se trata de un estimador de validez local, donde la cualidad de local, viene de que es el efecto tratamiento promedio entre aquellos individuos cuya selección al tratamiento estuvo afectada por el instrumento; esto es, productores que deciden utilizar los campos de recría de acuerdo a la cercanía a los mismos.

8. Conclusiones

En este artículo se presentaron posibles factores explicativos de adopción de una tecnología organizativa de procesos para la producción lechera, de amplia disponibilidad nacional y de potencial productivo importante, pero con una cobertura discreta entre los lecheros.

Tal vez más interesante, se propuso una estrategia válida para identificar una relación causal entre la adopción de dicha práctica y la productividad parcial de los establecimientos lecheros (aquellos que adoptarían la técnica si estuviesen cerca, y no la adoptarían si estuviesen lejos, esto es, que cooperan con la pseudo asignación al tratamiento). Los

resultados concretos resultan un tanto decepcionantes; no se encontraron impactos significativos sobre la productividad cuando se puso la mirada en la población lechera en general. En una mirada por grupos heterogéneos, sin embargo, se encontraron efectos positivos y significativos para la productividad parcial medida como litros de leche por hectárea para los productores que además de la lechería, incurren en algún rubro complementario. Sin embargo, ni en la intensificación productiva, ni en la productividad por animal, se encontraron resultados significativos.

Este aporte empírico constituye la primera evaluación de impacto de estas prácticas hasta donde se pudo explorar. Además, contribuye a la escasa evidencia empírica sobre adopción tecnológica y evaluaciones de impacto a nivel agropecuario en Uruguay. Por este lado, puede ser de ayuda para los hacedores de política agropecuaria de adopción tecnológica y fomento de la producción. Otra contribución de esta tesis es el conjunto de datos construidos, con potencial aplicación para investigar nuevas preguntas vinculadas a la producción lechera y las intervenciones de políticas públicas en el sector.

Una limitación relevante de esta tesis, es el hecho de no incorporar información desde el lado de los propios campos de cría, varios mecanismos vinculados con la oferta quedaron en la oscuridad debido a esta limitante. Superar esta restricción, queda planteado como un desafío a abordar a futuro.

Quedan abiertas algunas líneas por donde profundizar la investigación. Algunas estrategias complementarias de identificación, o variantes de esta (explotar la diferencia de intensidades, explotar las dinámicas y secuencias en la adopción), podrían esclarecer interrogantes que no se pudieron contestar; en particular sería positivo profundizar la exploración de los canales causales mediante los que se dan los impactos.

Referencias

- Aboal, Diego, Mario Mondelli y Maren Vairo (2018). "Innovation and productivity in agricultural firms: evidence from a country-wide farm-level innovation survey". En: *Economics of Innovation and New Technology*, págs. 1-19.
- Ackerman, María Noel, Mariela Buonomo, Gonzalo Muñoz, Ángela Cortelezzi, Natalia Barboza y Felipe García (2018). *Análisis de las políticas agropecuarias en Uruguay: Cuantificación de los apoyos específicos 2014-2016 y su vinculación con las emisiones de gases de efecto invernadero*. Inf. téc. Inter-American Development Bank.
- Aghion, Philippe y Peter Howitt (1990). *A model of growth through creative destruction*. Inf. téc. National Bureau of Economic Research.
- Aguirre, Emilio, Juan Baraldo, Verónica Durán, Nora Gesto, Federico Ott y Juan Pablo Móttola (2017). "Evaluación del impacto del proyecto Agua para la Producción Animal en la productividad de productores lecheros". En: *Anuario OPYPA 2017*, págs. 475-492.
- Angrist, Joshua D, Guido W Imbens y Donald B Rubin (1996). "Identification of causal effects using instrumental variables". En: *Journal of the American statistical Association* 91.434, págs. 444-455.
- Angrist, Joshua y Guido Imbens (1995). *Identification and estimation of local average treatment effects*.
- Arbolea, Ignacio y Carlos Paolino (2016). *La producción lechera nacional: Coyuntura crítica y desarrollo estratégico de la actividad*. Informe final de consultoría.
- Athey, Susan y Guido W Imbens (2017). "The state of applied econometrics: Causality and policy evaluation". En: *Journal of Economic Perspectives* 31.2, págs. 3-32.
- Cameron, A Colin y Pravin K Trivedi (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge university press.
- Chamberlain, Gary (1984). "Panel data". En: *Handbook of econometrics* 2, págs. 1247-1318.
- Cohen, Wesley M (2010). "Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance". En: *Handbook of the Economics of Innovation*. Vol. 1. Elsevier, págs. 129-213.
- Cohen, Wesley M y Daniel A Levinthal (1989). "Innovation and learning: the two faces of R & D". En: *The economic journal* 99.397, págs. 569-596.
- Cook, Michael L (1995). "The future of US agricultural cooperatives: A neo-institutional approach". En: *American Journal of Agricultural Economics* 77.5, págs. 1153-1159.
- Costa, Mario, Adriana Bussoni, Ricardo Mello, Magela Santoro, Diego Rodriguez y Francisco Landa (2010). "Campos de recria en el Uruguay: gestión de los recursos y formas contractuales". En: *Agrociencia Uruguay* 14.2, págs. 66-76.
- Crépon, Bruno, Emmanuel Duguet y Jacques Mairessec (1998). "Research, Innovation And Productivi [Ty: An Econometric Analysis At The Firm Level". En: *Economics of Innovation and new Technology* 7.2, págs. 115-158.
- DIEA (2018). *Anuario Estadístico 2018*. Inf. téc. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Foster, Andrew D y Mark R Rosenzweig (1995). "Learning by doing and learning from others: Human capital and technical change in agriculture". En: *Journal of political Economy* 103.6, págs. 1176-1209.
- (2010). "Microeconomics of technology adoption". En: *Annu. Rev. Econ.* 2.1, págs. 395-424.
- Gabinete Productivo (2008). *Cadenas de Valor, Tomo I*. Montevideo (Uruguay), 2008.
- Gómez Miller, R (2017). *Adopción de tecnologías en sistemas ganaderos del norte*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 235).

- González, Verónica, Pablo Ibararán, Alessandro Maffioli, Sandra Roza y col. (2009). “The impact of technology adoption on agricultural productivity: the case of the Dominican Republic”. En: *Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE), Washington, DC*.
- Griliches, Zvi (1963). “The sources of measured productivity growth: United States agriculture, 1940-60”. En: *Journal of Political Economy* 71.4, págs. 331-346.
- (1987). “R&D and productivity: measurement issues and econometric results”. En: *Science* 237.4810, págs. 31-35.
- Grossman, Gene y Elhanan Helpman (1991). *Innovation and growth in the world economy*.
- Heckman, James J (1977). *Dummy endogenous variables in a simultaneous equation system*. Inf. téc. National Bureau of Economic Research.
- INALE (2016). *¿Cómo se comportan los sistemas de producción uruguayos?* Foro Internacional INALE 2016.
- (2018). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya*. Informes INALE.
- Khanal, Aditya R, Jeffrey Gillespie y James MacDonald (2010). “Adoption of technology, management practices, and production systems in US milk production”. En: *Journal of Dairy Science* 93.12, págs. 6012-6022.
- Lopez, Fernando y Alessandro Maffioli (2008). *Technology Adoption, Productivity and Specialization of Uruguayan Breeders: Evidence from an Impact Evaluation*. Inf. téc. Inter-American Development Bank.
- Marton, Silvia MRR, Albert Zimmermann, Michael Kreuzer y Gérard Gaillard (2016). “Environmental and socioeconomic benefits of a division of labour between lowland and mountain farms in milk production systems”. En: *Agricultural Systems* 149, págs. 1-10.
- Marzaroli, Jorge (2018). “Aporte de las estrategias asociativas al desarrollo territorial”. Tesis de diploma en Economía y Gestión para la Inclusión, FCEA-UdelaR.
- Mohnen, Pierre y Bronwyn H Hall (2013). “Innovation and productivity: An update”. En: *Eurasian Business Review* 3.1, págs. 47-65.
- Molina, C y J Alvarez (2009). “Identificación de factores incidentes en las decisiones de adopción de tecnología en productores ganaderos criadores familiares”. En: *Agrociencia Uruguay* 13.2, págs. 70-83.
- Monteagudo, Inmaculada Carrasco y M^a Soledad Castaño Martínez (2012). “La nueva Economía Institucional”. En: *ICE, Revista de Economía* 865.
- Mullally, Conner y Alessandro Maffioli (2015). “Extension and Matching Grants for Improved Management: An Evaluation of the Uruguayan Livestock Program”. En: *American Journal of Agricultural Economics* 98.1, págs. 333-350.
- Narbondó Allende, Ignacio, Ignacio Paparamborda y Diego Sancho Hernández (2010). “Las estrategias de apoyo a la producción desarrolladas por la asociación de productores lecheros de San José, estudio de impacto sobre la sustentabilidad de sistemas familiares lecheros”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UdelaR.
- Ostrom, Elinor (2010). “Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems”. En: *American economic review* 100.3, págs. 641-72.
- Parente, Stephen L y Edward C Prescott (1994). “Barriers to technology adoption and development”. En: *Journal of political Economy* 102.2, págs. 298-321.
- Pérez Quesada, Gabriela (2017). “Technical efficiency of dairy farms in Uruguay: a stochastic production frontier analysis”. En:
- Saravia, H y R Gómez Miller (2013). *Cambio técnico en sistemas ganaderos criadores de Sierras de Este*. Montevideo: INIA. 116p.(Serie Técnica; 207).

- Sierra, Miguel (2009). *Oferta tecnológica a nivel del sector primario y su relación con el estado actual del desarrollo de la producción de leche en Uruguay*. Inf. téc. Informe final de consultoría, FAO.
- Sims, Christopher A (2010). “Rational inattention and monetary economics”. En: *Handbook of monetary economics*. Vol. 3. Elsevier, págs. 155-181.
- Terra, MM, P Barrenechea, E Cuadrado, H Pastori, I Resnnichenko y D Zaclicever (2009). “¿Cuál es la importancia real del sector agropecuario sobre la economía uruguaya?” En: *Informe técnico Proyecto RED Mercosur-FAO*.
- Transforma Uruguay (2017). *Hoja de ruta en ciencia, tecnología e innovación para el sector alimentario del Uruguay. Sector lácteo*. Inf. téc. Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad.

9. Anexo

9.1. Tablas y salidas

Cuadro 7: Estadísticas descriptivas productores lecheros, censo general agropecuario 2011

	Usuarios CR		No usuarios CR		p-valor diferencia
	Media	Desvío	Media	Desvío	
edad	53.4	10.6	52.2	11.8	0.074
sexo femenino	0.13	0.34	0.14	0.35	0.538
nivel educativo	2.7	1.0	2.7	1.0	0.594
sucesores familiares jóvenes	0.8	1.2	0.9	1.2	0.046
proporción tierra arrendada	0.47	0.41	0.38	0.42	0.001
proporción tierra propia	0.47	0.41	0.55	0.43	0.002
asistencia técnica	0.9	0.3	0.8	0.4	0.000
superficie	149.7	128.2	174.6	242.6	0.006
área destino recría	33.9	34.9	44.7	64.9	0.000
total leche	349,564	269,064	307,551	392,823	0.018
vacas masa	83.7	62.7	80.3	90.5	0.409
vacas masa/área vaca masa	0.93	0.27	0.88	0.34	0.004
litros/área	2,706	1,267	1,979	1,141	0.000
especializado lechero	0.42	0.49	0.36	0.48	0.055
remitente a industria	0.97	0.16	0.75	0.44	0.000
cuenca lechera principal	0.60	0.49	0.77	0.42	0.000

Cuadro 8: Cantidad de apariciones en el panel según estatus de tratamiento

frecuencia en panel	frecuencia usuario campo de recría								Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	835	45	0	0	0	0	0	0	880
2	1306	52	76	0	0	0	0	0	1434
3	1464	42	48	93	0	0	0	0	1647
4	1768	76	80	88	116	0	0	0	2128
5	2200	70	90	35	55	80	0	0	2530
6	3750	144	138	114	84	114	186	0	4530
7	12684	476	518	420	329	308	441	910	16086
Total	24007	905	950	750	584	502	627	910	29235

Cuadro 9: Establecimientos CGA 2011 según cantidad de números de DICOSE

cantidad de DICOSEs	frecuencia
1	3555
2	324
3	51
4	8
5	8
Total	3946

Cuadro 10: Tratados según distancia

ranking distancia	No.	%	%
1	1806	55	55
2	740	23	78
3	161	5	83
4	74	2	85
5	34	1	86
6	10	0	86
7	15	0	87
8	7	0	87
9	43	1	88
10	156	5	93
11	39	1	94
12	109	3	98
13	73	2	100
14	4	0	100
Total	3271	100	