

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
Serie Evaluación de Impacto
Resumen Ejecutivo N° 4



Evaluación del impacto económico del mejoramiento genético de trigo candeal en Chile

Arturo Campos M.
Iván Matus T.

Autores

Arturo Campos M.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
Asesor INIA

Iván Matus T.
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Investigador INIA Quilamapu

Comité editor

María Carolina de la Fuente G.
Ingeniera Agrónoma, Magíster en Economía Agraria
Encargada Área de Evaluación de Impacto, Unidad de Planificación, Seguimiento y Evaluación (UPSE),
INIA

Maruja Cortés B.
Ingeniera Agrónoma, Dra. Economía, Magíster Desarrollo Rural
Jefa Área Nacional Extensión y Transferencia Tecnológica INIA

Marta Alfaro V.
Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Subdirectora Nacional de I+D+i

Editora periodística

María Andrea Romero G.
Periodista
Analista de Comunicaciones INIA

Cita bibliográfica

Campos, A. & Matus, I., 2020. Evaluación del impacto económico del mejoramiento genético de trigo candeal en Chile (1989-2016). Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.

Resumen Ejecutivo N° 4
Serie Evaluación de Impacto.

© 2020. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Fidel Oteíza 1956, pisos 11, 12 y 15, Providencia, Santiago, Chile.
Tel.: +56 2 2577 1000. E-mail: carolina.delafuente@inia.cl

Permitida su reproducción parcial citando fuente y autores. Prohibida la reproducción total sin autorización del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Diseño y diagramación

AMOROSA SpA Consultoría Creativa

Santiago, Chile 2020

Índice

| | |
|-------------------------|----|
| RESUMEN EJECUTIVO | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| METODOLOGÍA | 9 |
| RESULTADOS | 14 |
| CONCLUSIONES | 21 |
| REFERENCIAS | 22 |

Resumen ejecutivo

Evaluación del impacto económico del mejoramiento genético de trigo candeal en Chile (1989-2016)

La producción de trigo candeal en el mundo ha tenido una importancia creciente dada la alta demanda de productos que se genera a partir de su elaboración y, en general, a nivel de consumidores. Sin embargo, a diferencia del trigo para pan, los candeales requieren de condiciones agroclimáticas especiales para una producción de calidad. En efecto, no solo se requiere productividad, sino también características de importancia industrial que únicamente se obtienen en regiones con clima mediterráneo. La producción mundial se estima en unos 40 millones de toneladas, concentrándose en algunos países de la Unión Europea y Canadá.

La producción de trigo candeal en Chile es pequeña en términos comparativos. Se estima que el 10 % de la superficie total de trigo corresponde a variedades de este tipo, a pesar de la importancia económica asociada al consumo de pastas de la población chilena, y la estructura de la comercialización de estas variedades con la agroindustria. Los aspectos mencionados hacen interesante abordar este cereal desde el punto de vista de la investigación, debido a su calidad industrial elevada y altamente demandada por las empresas del rubro. Si bien por muchos años la producción de trigo candeal se concentró en las zonas central y centro norte del país, en la actualidad -producto del aumento del valor de la tierra en estas zonas-, el cultivo del trigo se ha desplazado hacia el centro sur y sur de Chile.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la rentabilidad social de la investigación en trigo candeal en Chile, realizada fundamentalmente por INIA. Para ello, se utilizaron los datos disponibles del Programa de Trigo de esta institución, referidos específicamente a las características de las variedades generadas a partir del año 1997/98, con la variedad Chagual utilizada como variedad base de análisis, más los datos provenientes de la superficie y producción de trigo candeal a nivel nacional, proporcionados por el Ministerio de Agricultura, así como los datos suministrados por la industria.

El método utilizado se basa en el trabajo seminal de Akino y Hayami (1975), el que ha sido ampliamente modificado, dependiendo del enfoque de mejoramiento y especie al cual va dirigido. Las bondades productivas e industriales se miden a través del enfoque de Ayer H. W. y Schuh G. E. (1972), aplicado en un trabajo anterior por Campos y Beratto (2001), en cebada cervecera.

Los resultados señalan que al utilizar las elasticidades de oferta y demanda calculadas para trigo por Morales y Foster 2001 y 2002, el Beneficio Social de la investigación en mejoramiento genético de trigo candeal genera 19,6 millones de dólares con una TIR de 52 %. De acuerdo a estos parámetros, el excedente del productor alcanza a 10,5

millones de dólares, mientras que el excedente del consumidor a 9,6 millones de dólares. Al considerar una demanda elástica (1,395) y una oferta inelástica (0,284), el Beneficio Social del mejoramiento disminuye a 16,4 millones de dólares, mientras que el excedente del productor aumenta considerablemente a 12,4 millones de dólares en comparación al del consumidor que solo alcanza los 4,5 millones de dólares.

La TIR en este caso alcanza a 51 %. Puede concluirse que el trabajo de mejoramiento en trigo candeal es rentable, medido a través de la TIR que se obtiene en varias situaciones y con un alto Beneficio Social, cuya distribución entre productores y consumidores varía significativamente en función del valor de las elasticidades. Se requiere de una mayor cantidad de información para estimar las elasticidades con mayor certeza, por la importancia que tienen en la distribución de los beneficios.

Adicionalmente se entrega información de la evolución de los gastos de las familias relativa al consumo de masas secas, sobre la base de las Encuestas de Presupuestos Familiares que realiza el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile.

Introducción

La evaluación del impacto económico de un programa de mejoramiento se enfoca en medir, ante un flujo de ingresos y de costos asociados a su investigación, los beneficios que ha generado su inversión y que, a través del cálculo de parámetros económicos, permite además de cuantificarlos, compararlos con opciones de inversión alternativas. En este sentido, las aproximaciones más comunes para determinar los beneficios económicos de la investigación son: el enfoque del excedente, el enfoque econométrico y el de programación.

En este trabajo se utiliza el método del excedente, que mide el beneficio social agregado de un proyecto, considerando los ingresos y los costos. El régimen de gastos en investigación en este tipo de evaluaciones se considera como dado, y determina los cambios en los excedentes del consumidor y el productor como consecuencia del cambio tecnológico que genera la investigación en el producto que se esté analizando, en este caso, semilla de trigo candeal. Los principales parámetros que se obtienen de este enfoque son la Tasa Interna de Retorno promedio (TIR), que proporciona una medida de cuán óptima es la asignación de recursos en los componentes de inversión, y el Valor Presente Neto (VAN) (Tsusaka *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista productivo -a diferencia del trigo panadero que se puede cultivar en una amplia diversidad de suelos y climas- el trigo candeal puede ser sembrado en zonas agroecológicas mucho más restringidas. Las características agroclimáticas necesarias para la producción de trigo candeal de óptima calidad, se acotan a regiones y países que cuentan con características propias de los climas mediterráneos o similares. Por lo anterior, la producción ha estado históricamente concentrada en regiones como el sur oeste de Europa, Norte de África, Turquía y Siria, extendiéndose hacia América del Norte (Canadá y EE.UU.), (Fundación Chile, 2008). La Figura 1, muestra la evolución de la producción de trigo candeal en los principales países productores y la Unión Europea, más otros países productores, de acuerdo a la información de la International Grains Council (IGC, 2018).

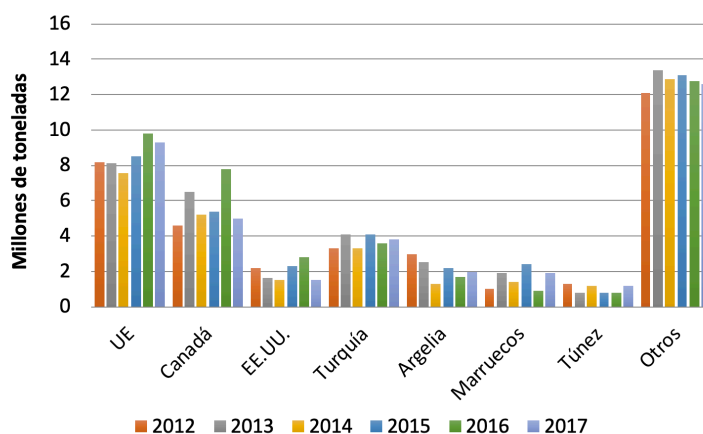


Figura 1. Producción mundial de trigo candeal.
Fuente: elaboración propia en base a International Grains Commission (2018).

El trigo duro o candeal se caracteriza por su alto contenido de proteína y una estructura dura, que lo hace conveniente para propósitos especiales, siendo el más conocido el utilizado para “pasta”. En términos de envergadura, este trigo es de mayor tamaño que los otros tipos de trigo. Además, presenta un endospermo que le proporciona el color amarillo a los productos que se obtienen de él. Algunos de ellos son la semolina (materia prima para la elaboración de pastas y panes especiales), el couscous y el bulgur. Todos estos, al ser ricos en proteínas y vitaminas, hacen del trigo candeal un producto nutritivo, situación que ha generado que muchos de sus productos derivados presenten una demanda creciente a nivel mundial.

La superficie mundial estimada de producción de trigo candeal es de unos 16,7 millones de hectáreas (International Grain Council, 2018), mientras que la producción ha variado desde 34,40 millones de toneladas en el año 2014 a 40,20 millones de toneladas en la temporada 2016. Las estimaciones actuales la sitúan en unos 40,7 millones de toneladas (Miller magazine, 2018). El principal productor, de acuerdo a esta fuente, es la Unión Europea, la que en su conjunto ha aumentado desde 8,19 millones de toneladas en el año 2012 a 9,31 millones de toneladas en el año 2017 (Cuadro 1), destacando Italia como el gran productor de trigo candeal con 5 millones de toneladas, seguido por España y Francia, pero con menor importancia. El segundo productor es Canadá que, de acuerdo al International Grains Commission (2018), ha variado su producción desde 4,60 millones de toneladas en el año 2012 a 5,01 millones de toneladas en el año 2017. Cabe hacer notar que la producción de este país en el año 2016 alcanzó a 7,81 millones de toneladas.

Cuadro 1. Producción mundial de trigo candeal. Millones de toneladas.

| Países | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Unión Europea | 8,19 | 8,11 | 7,59 | 8,49 | 9,80 | 9,31 |
| Canadá | 4,60 | 6,51 | 5,20 | 5,39 | 7,81 | 5,01 |
| EE.UU. | 2,20 | 1,61 | 1,50 | 2,31 | 2,80 | 1,50 |
| Turquía | 3,29 | 4,11 | 3,29 | 4,11 | 3,59 | 3,81 |
| Argelia | 2,99 | 2,50 | 1,31 | 2,20 | 1,69 | 1,99 |
| Marruecos | 1,01 | 1,91 | 1,39 | 2,40 | 0,90 | 1,91 |
| Túnez | 1,31 | 0,79 | 1,20 | 0,79 | 0,79 | 1,20 |
| Otros | 12,11 | 13,39 | 12,90 | 13,09 | 12,79 | 12,60 |
| Mundo | 35,71 | 38,89 | 34,40 | 38,81 | 40,20 | 37,40 |

Fuente: elaboración propia en base a IGC (2018), conversión; 1 bushel igual a 27,2183 kilos.

El comercio mundial de trigo candeal es activo, de hecho, las importaciones de la UE alcanzaron a 1,9 millones de toneladas en la temporada 2010/2011, estimándose que llegó a 2,3 millones de toneladas en la temporada 2016/2017. Argelia, uno de los principales productores de trigo candeal en el norte de África, importó 1,8 millones de toneladas en la temporada 2011/12, y la IGC estima que en la temporada 2016/2017, estas alcanzaron los 1,9 millones de toneladas. Otros países relevantes en lo que a importaciones se refiere son Marrueco, Túnez, Estados Unidos, Venezuela y Japón.

Por otra parte, los principales países exportadores son Canadá y México. De hecho, Canadá lidera el 50 % de las exportaciones de trigo candeal a nivel mundial, las que alcanzaron a 3,1 millones de toneladas en la temporada 2011/2012 y alrededor de 4,9 millones de toneladas en la temporada 2016/2017.

México, que no llegó a exportar un millón de toneladas en la temporada 2011/2012, se estima que alcanzará 1,4 millones de toneladas en la temporada 2016/2017. En el tercer lugar de los exportadores de trigo candeal se encuentra la UE, con 2 millones de toneladas en la temporada 2011/2012; después de esto, las exportaciones han disminuido, estimándose que llegarán a 1,1 millones de toneladas. Otros países destacados a nivel mundial son Estados Unidos, Australia y Turquía.

La importancia de la producción de trigo candeal en Chile se remonta a inicios del siglo XX, cuando se introducen variedades provenientes principalmente de Italia. A partir de ese momento y producto de la demanda de pastas y derivados de este cereal, se generó la necesidad de iniciar un programa de mejoramiento genético con el propósito de lograr mejores condiciones de desarrollo y producción, especialmente en la zona central del país. Para ello, el mejoramiento se enfocó en características de rendimiento a nivel de campo y de calidad industrial. En el año 1952¹ se publica el “Manual de producción de trigo candeal”, reflejando la importancia que revestía el cultivo del cereal durante esos años en el país (Matus *et al.*, 2008). A partir del año 1956, se libera la primera variedad de candeal en Chile, Candealfén, inicio de una serie de variedades específicas para satisfacer la demanda de pastas que presentaba la población.

Las estadísticas de superficie y producción de trigo candeal son relativamente recientes. La evolución de la producción y superficie en Chile actualmente disponible, se presenta en la Figura 2.

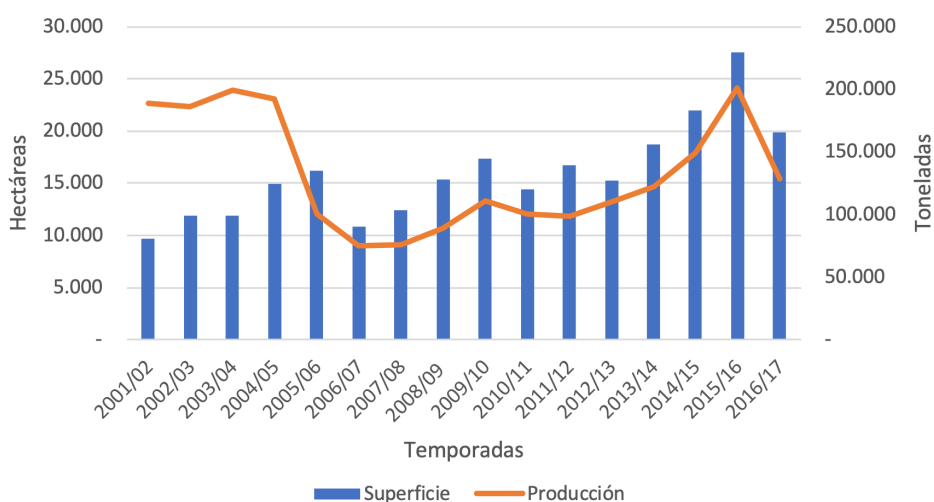


Figura 2. Chile. Superficie y producción de trigo candeal por temporada. Fuente: elaboración propia con base en ODEPA (2018).

Los datos de la evolución de la superficie de trigo candeal indican que ésta presenta una tendencia creciente, con variaciones importantes entre una temporada y otra, ya que en general, esta superficie depende de los contratos que realizan las empresas con los productores, de los precios internacionales y de las condiciones que se presenten con cultivos sustitutos en el uso de la tierra. Los antecedentes señalan que el trigo candeal producido en Chile es de alta calidad, por ello, se ha privilegiado las compras de trigo candeal nacional en vez de trigo candeal extranjero.

¹ El trigo candeal llega a Chile antes de la creación de INIA. El Programa de Trigo del Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura era el encargado de la liberación de variedades en aquellos años.

Desde los inicios del cultivo de este cereal en el país, la producción se concentró en la zona central. Luego de casi 45 años de cultivo en esta zona, a partir de la temporada 2002/03, el cultivo se extendió al centro sur, que tradicionalmente estaba limitado por problemas de grano blanqueado o grano amarengado. Con la adaptación del sistema productivo a la zona y la liberación de nuevas variedades, esta situación quedó superada, logrando alcanzar una alta productividad a nivel de campo y de muy buena calidad industrial, que considera: vitreosidad (grano no amarengado), contenido de proteína, peso de grano, cantidad y calidad de gluten, color de grano y rendimiento semolero (Matus *et al.*, 2008).

La situación actual de la producción de trigo candeal en Chile ha registrado variaciones importantes desde el punto de vista técnico, debido a que el cultivo aún se considera como nuevo para la zona centro sur y, por ello, es necesario seguir desarrollando trabajos de investigación agronómica, que permitan traspasar sus resultados a los productores. El desplazamiento del trigo candeal a la zona centro sur se generó, en parte, por la baja rentabilidad de este cultivo, ya que el valor del suelo agrícola en la zona central de Chile se ha elevado significativamente, a raíz de las plantaciones frutales de alto valor comercial. Así, en la temporada 2018/2019, la superficie sembrada con trigo candeal fue de 27.302 ha, con un rendimiento promedio nacional de 71,4 qqm/ha. Del total de hectáreas sembradas, el 90 % corresponde a siembras con riego y el 10 % restante a siembras bajo condiciones de secano, abasteciéndose la industria en un 100 % de su demanda con trigo nacional. Esta situación se debe a políticas de las empresas y a que el trigo candeal nacional es de alta calidad. La producción de este cereal está estrechamente relacionada con la industria de elaboración de pastas y los requerimientos de calidad por parte de la industria están definidos. Por otra parte, en 1988 se inicia el convenio formal entre Lucchetti S.A. e INIA, para el desarrollo de variedades mejoradas sobre la base de los requerimientos de la industria, convenio que se mantiene vigente hasta la fecha.

En Chile, el 90 % de la superficie de trigo candeal está sembrada con variedades desarrolladas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). En la actualidad, se comercializan tres variedades INIA certificadas: Llareta-INIA, liberada en 1997; Lleuque-INIA, liberada en el año 2010; y Queule-INIA, liberada en 2010. El Cuadro 2 muestra las características agronómicas de estas variedades, y el Cuadro 3, la resistencia y sensibilidad a enfermedades.

Cuadro 2. Características agronómicas de las variedades actuales de INIA.

| | Llareta-INIA | Lleuque-INIA | Queule-INIA |
|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Altura (cm) | 85 | 85 | 85 |
| Rendimiento (kg/ha) | 8.400 | 9.200 | 9.100 |
| Peso hectólitro (kg/Hl) | 84,5 | 83,6 | 85,0 |
| Contenido de proteína (%) | 12,2 | 11,6 | 11,5 |

Fuente: Programa de Mejoramiento Genético de Trigo Candeal INIA.

Cuadro 3. Comportamiento a enfermedades de las variedades de trigo candeal de INIA.

| Enfermedades | Llaretta-INIA | Lleuque-INIA | Queule-INIA |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| VEAC | Moderadamente susceptible | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente |
| Septoria | Moderadamente resistente | Moderadamente resistente | Moderadamente resistente |
| Roya hoja | Susceptible | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente |
| Roya amarilla | Susceptible | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente |
| Oidio | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente | Moderadamente susceptible |

Fuente: Programa Mejoramiento Genético Trigo Candeal INIA.

El cultivar Llaretta-INIA, hasta la temporada 2018-2019, había mantenido su resistencia tanto a roya estriada como a roya de la hoja, incluso con el desplazamiento que ha tenido el cultivo hacia las regiones de Ñuble y Biobío (antigua VIII Región del Biobío). Pero esta variedad, a partir de la temporada 2019-2020, será retirada del mercado por presentar susceptibilidad a ambas royas. La resistencia genética a roya de la hoja que ha sido posible incorporar a las variedades de Chile fue muy útil a nivel internacional, donde es frecuente encontrar variedades chilenas en cruces para crear nuevas variedades. A partir de la temporada 2018-2019, la roya amarilla ha pasado a ser la principal enfermedad que afecta al trigo candeal. Esta roya es importante, debido a que es de muy alta agresividad, llegando a generar pérdidas de rendimiento de 50 % o más en cultivares susceptibles.

Las variedades de trigo candeal disponibles cumplen con las exigencias de calidad requeridas por la industria de pastas. Son variedades de alto potencial de rendimiento y buen comportamiento frente a las principales enfermedades.

Metodología

El enfoque del excedente asume que las nuevas tecnologías incrementan la productividad, y con ello, el desplazamiento de la curva de la oferta hacia la derecha. En condiciones de equilibrio, el efecto final de una demanda lineal es un aumento de la oferta del producto y una disminución en el precio del mismo en el mercado. El área resultante del desplazamiento de la oferta determina el beneficio total, que es el resultado de la inversión en investigación e inversiones asociadas en una tecnología determinada. El beneficio total es compartido entre consumidores y productores, donde las elasticidades de oferta y demanda determinan la ganancia relativa de cada uno.

Existen diferentes versiones para determinar los beneficios totales desde el punto de vista empírico, asociadas a la naturaleza de las curvas de oferta y demanda, y el tipo de cambio que experimenta la curva de oferta. El método más básico es el asumir que el Beneficio Total es el resultado de una curva perfectamente elástica para la demanda y perfectamente inelástica para la oferta, el cual es reconocido como el *método del costo beneficio*.

Una demanda perfectamente elástica representa el caso en que un país es tomador de precios y la intervención no cambia el estatus de ser un país importador neto o exportador neto de un bien. La oferta perfectamente inelástica se puede encontrar cuando los insumos, tales como tierra y mano de obra, son fijos y utilizados a plena capacidad, situación que se presenta en la figura siguiente.

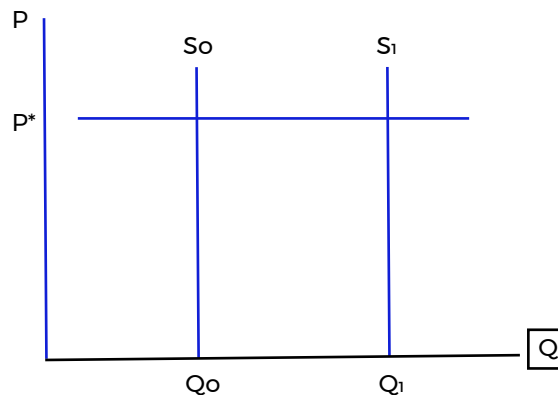


Figura 3. Impacto de las nuevas tecnologías ante curvas de la oferta perfectamente inelásticas. Fuente: Avila, F., Rodrigues, S., Vedoto, L., 2008.

El área rectangular calculada, resultado del aumento en el producto ($Q_1 - Q_0$), multiplicada por el precio P^* , que es constante, tiene la ventaja de que las estimaciones de las elasticidades no se requieren. Esto determina una gran facilidad en la determinación de los Beneficios Totales de la Investigación. Tsusaka *et al* (2016) proporciona un amplio listado de autores que han utilizado este método en la determinación de los beneficios de la investigación.

Uno de los enfoques más usado para el análisis *ex post* de los beneficios totales de los trabajos de investigación es el de Akino y Hayami (1975), el cual se basa en las modificaciones que realizaron estos autores de los trabajos seminales de Schultz (1953) y Griliches (1958). La metodología de Akino y Hayami ha sido aplicada como base en numerosos trabajos para medir los beneficios de inversión en la investigación agrícola (Norton y Davis, 1981). El método permite medir los beneficios considerando una curva de la demanda y oferta no lineales, requiriendo en forma explícita incorporar las elasticidades de la oferta y la demanda, las cuales se asumen constantes. Si bien esta metodología es de mayor demanda de datos que los encontrados para el método de costo beneficio, es muy útil para zonas en las que la información se encuentra disponible.

Con posterioridad, los trabajos se han centrado en medir la rentabilidad de la inversión en investigación en agricultura, a través de la relación entre los gastos generalmente de origen público y los beneficios que han tenido estos fondos en el mejoramiento del bienestar social, considerando que la distribución de estos beneficios sea para los productores y para los consumidores. En este enfoque metodológico, el desplazamiento de la curva de oferta del producto investigado es el motivo base que sustenta el Beneficio Social de la investigación.

En este trabajo, cuya metodología como mencionábamos está dada por el trabajo de Akino y Hayami (1975), ante una demanda constante, se desplaza la curva de la oferta de trigo (desde S_n a S_o), producto de la investigación que se traduce finalmente en una mayor productividad del cereal a nivel agregado (Figura 4). Consecuencia de esta situación, la condición de equilibrio de mercado pasa desde $P_n Q_n$ a $P_o Q_o$, con una disminución del precio del producto, ya que la demanda se ha mantenido constante a lo largo de este proceso. Este enfoque fue utilizado por Campos y Beratto (2001), para evaluar el impacto económico del mejoramiento en cebada cervecera desarrollado por INIA.

De acuerdo al método del Excedente del Consumidor, la base del cálculo del beneficio del mejoramiento genético está representado por la suma de las áreas $ABC + BP_nP_oC$, mientras que el excedente del productor queda representado por la diferencia entre las áreas $ACO - BP_nP_oC$, estableciéndose que el beneficio social está dado por la diferencia de las áreas $ABC - ACO$.

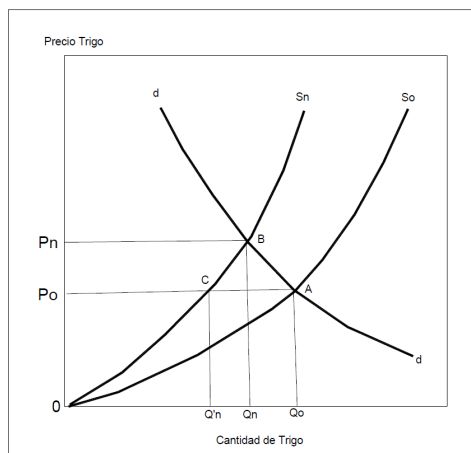


Figura 4. Impacto de las tecnologías ante el desplazamiento de curvas de oferta no lineales. Fuente: Ayer y Schuh, 1972.

Lo siguiente corresponde a la determinación de fórmulas que sustentan el proceso de evaluación del impacto del mejoramiento genético y que permiten hacer los cálculos de las áreas indicadas más arriba.

$$\text{Área } ABC = \frac{PoQo [k(1+\gamma)]^2}{\gamma+\epsilon}$$

$$\text{Área } AOC = k PoQo$$

$$\text{Área } BPnPoC = \left[\frac{PoQok(1+\gamma)}{\gamma+\epsilon} \right] * \left[\frac{1-0,5k(1+\gamma)\epsilon}{\gamma+\epsilon} \right] - 0,5k(1+\gamma)$$

$$\text{Área } ACQ'nQo = (1+\gamma)kPoQo$$

Los valores de γ y ϵ corresponden a las elasticidades de oferta y demanda, respectivamente. Para medir los beneficios de la inversión en el mejoramiento genético de trigo candeal, se utilizó un modelo de regresión logarítmica del tipo Cobb Douglas, con los datos disponibles de la producción de oferta de trigo candeal. Para la elasticidad de la demanda se consideró la compra de trigo candeal, por parte de una de las empresas líderes en el mercado de la producción de pastas. No obstante, y considerando el mayor número de datos utilizados por Morales y Foster (2001 y 2002), para estimar las elasticidades de la oferta y la demanda de trigo a nivel nacional se extrapolaron estos resultados, que incluyen trigo para pan y trigo candeal, ya que las estadísticas no las separaban en años anteriores como valores en uno de los resultados de la evaluación.

Los valores de P (precio del kilo de trigo producido a nivel nacional) y Q (cantidad de trigo producido a nivel nacional) se obtuvieron de las estadísticas disponibles y de la información de la industria. La distribución de las variedades en el mercado se enmarcó sobre la base de las ventas de INIA de cada una de éstas, con un máximo de un 90 % de la superficie nacional, correspondiente a la distribución de estas variedades, de acuerdo a la opinión de expertos. A cada kilo vendido anualmente de variedades INIA, se aplicó un valor estimativo asociado a los costos de transferencia de estas variedades al mercado, el que sumado a los costos de la investigación, da los costos totales asociados a la investigación.

Dado que generar una nueva variedad de trigo toma al menos seis años -desde el inicio de la investigación hasta que se obtiene y se encuentra en condiciones de ser registrada y liberada-, este trabajo considera un desfase de seis años, lo que implica considerar los gastos de investigación hasta obtener la primera variedad comercial.

Para la estimación de k, es decir, el cambio en la función de producción agregada por efecto de la adopción de nuevas variedades, se utiliza como norma la diferencia en los promedios de rendimientos entre las variedades mejoradas y de aquellas que no lo son. Esta diferencia es ponderada por la superficie sembrada con las variedades mejoradas de la especie en cuestión (Campos y Beratto, 2001).

En el caso de trigo candeal, la situación descrita alcanza mayor complejidad, dado que la diferencia en rendimientos es uno de los objetivos planteados por el proyecto de Mejoramiento de Trigo de INIA, pero hay características varietales como peso HI, proteína y grano vítreo, que tienen importancia desde el punto de vista industrial y,

por ello, económico. Los valores sobre los cuales se determinaron las variaciones de estas características de las variedades fueron recopilados de las Notas Técnicas de la revista Agricultura Técnica, en las que se daban a conocer las diferencias comparativas entre las variedades antiguas y las nuevas.

El valor de k, por tanto, se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente y en función a lo señalado por Ayer y Schuh (1972):

$$k = \sum_{a=1}^x \left[\left(1 - \frac{Yn * Fn}{Ya * Fa} \right) * Pa \right]$$

En donde:

Yn: Rendimiento de la nueva variedad de trigo candeal.

Ya: Rendimiento de la variedad antigua.

Fn: Otras características de importancia económica de la variedad nueva.

Fa: Otras características de importancia económica de la variedad antigua.

Pa: Porcentaje de distribución en superficie de la variedad "a".

En este estudio, la variedad antigua que sirve de base de comparación a las variedades nuevas es Chagual.

Los valores de Fa y Fn de cada una de las variedades se determinaron con base en los beneficios y castigos de la pauta de recepción de los molinos, que tienen ciertos valores mínimos de algunos parámetros, bajo los cuales el precio del trigo candeal es castigado, o bien, recibe un sobreprecio si se encuentra por sobre dichos parámetros.

Con el propósito de medir el monto de los beneficios de la inversión en la generación de variedades de trigo candeal, se utilizó el Valor Actual Neto de los Beneficios Sociales Netos (VAN), que matemáticamente se representa de la manera siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_n}{(1+r)^n}$$

En donde BN corresponde a los Beneficios Sociales Netos (BN), para cada uno de los flujos calculados para cada año asociado al horizonte de la evaluación económica. El valor de r corresponde al costo del capital alternativo que permite descontar el valor de los BN, al t=0, y comparar la sumatoria de los flujos del proyecto descontados al año cero y compararlos con el monto de la inversión realizada en el proyecto.

La rentabilidad de la inversión realizada en la generación de variedades de trigo candeal, se calculó en base a la Tasa Interna de Retorno (TIR) cuya fórmula es:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{BN_n}{(1+\rho)^n}$$

El valor de ρ es aquel que permite obtener la sumatoria de los Beneficios Netos igual a cero. Un proyecto será rentable si $\rho > r$, es decir, si la rentabilidad del proyecto es mayor al costo alternativo del capital, al que eventualmente podrían haberse invertido los fondos que se están evaluando.

Origen de los datos

Los datos básicos corresponden a los recopilados por el Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de trigo de INIA. Los costos considerados corresponden a las asignaciones presupuestarias asociadas específicamente a la generación de variedades de trigo candeal al interior del PMG, alcanzando en promedio un 20 % del total del presupuesto. Las características de las variedades de trigo candeal fueron obtenidas de los artículos publicados en la Revista Agricultura Técnica de INIA y de los registros de variedades que posee el PMG.

La información secundaria proviene de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura (ODEPA), que cuenta con información de la producción, rendimientos y superficie de trigo candeal desde la temporada 2001/02 a la fecha. En términos de la industrialización, los datos nacionales no muestran de manera separada la molienda y producción de trigo harinero y candeal. Por razones de evaluación y, dado que en promedio, la superficie de candeal representa en Chile el 5 % de la superficie total de trigo, se utilizó este valor para estimar la superficie que pudiera haber existido en dos temporadas, 1997/98 y 1999/2000. La evaluación realizada en este trabajo se inicia con la variedad Chagual, que es la más antigua de la que se cuenta con información de calidad industrial. Las ventas de semillas de las variedades provienen de los registros de INIA para cada una de las variedades estudiadas, y asumiendo un uso de 200 kilos de semilla por hectárea, se cuenta con una aproximación de la superficie anual de uso de semilla certificada. Sin embargo, es importante considerar que, de acuerdo a los especialistas, el 90 % de la superficie de trigo candeal en Chile proviene de las variedades de INIA, por ello y en función de la venta de variedades, se asume por extrapolación la producción de candeal por cada una de las variedades existentes en el mercado para cada año, y que corresponden a las variedades de INIA.

Las elasticidades de la oferta y la demanda fueron calculadas sobre la base de una función Cobb Douglas, y de ello -mediante la regresión logarítmica de las variables cantidad y precio- se obtuvieron las elasticidades utilizadas en el modelo.

Este trabajo corresponde a un análisis ex post que considera desde la temporada 1989/90 hasta la temporada 2016/17.

Otro aspecto importante fue obtener las tendencias en el consumo de productos elaborados con trigo candeal. Para ello se recurrió a la información de las Encuestas de Presupuestos Familiares, realizadas cada cinco años más o menos en nuestro país, y en las que se selecciona a un grupo representativo de familias. Estas son agrupadas por quintiles bajo dos criterios; el primero sobre la base de los gastos que realizan mensualmente en diversos bienes y servicios, y el segundo sobre sus ingresos promedios per cápita. La información recopilada fue deflactada en cada uno de los quintiles, sean estos en función de los gastos o bien de los ingresos disponibles, estimando sobre ella la variación del gasto e ingreso del consumo de pastas sin relleno, que presenta la población de Chile a lo largo de los años. Para estimar los índices asociados a los gastos en masa seca, se determinó la variación en los gastos en masa seca, en función de la variación de los gastos totales efectuados por las familias en cada uno de los quintiles sucesivos. Igual método se utilizó para la determinación de los índices asociados a los ingresos.

Esta información es especialmente relevante para establecer no solo el nivel de gastos, sino también para establecer tendencias en el consumo de bienes y servicios en el transcurso de los años.

Resultados

Gastos en masas no rellenas registrados en las encuestas de presupuestos familiares.

El Cuadro 4 muestra el nivel de gastos mensuales por familia, agrupados por quintiles para cada año en que se aplicó la encuesta. Las diferencias en los niveles de gastos entre el primer y quinto quintil alcanzaron a 12,47 veces en 1987, mientras que en el año 2017 fue de 5,68, evidencia de un mejoramiento de los ingresos en términos reales entre la primera y última encuesta analizada. A lo largo de los años, también se observa esta situación, siendo especialmente importante para el primer quintil, en donde el gasto real en 2017 es cuatro veces más que el registrado en 1987. Para el mismo período, en el quinto quintil (de mayores ingresos) la diferencia es de 1,84 veces. Los resultados señalan que los gastos en bienes y servicios de los quintiles han mejorado significativamente con el tiempo, siendo especialmente importantes en los de menor nivel de ingresos como son el quintil I y II.

Cuadro 4. Niveles de gastos totales promedio mensuales por quintil en bienes y servicios (\$ junio 2018).

| Quintil | 1987 | 1997 | 2007 | 2013 | 2017 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I | 108.097 | 297.343 | 339.047 | 311.893 | 437.751 |
| II | 202.851 | 465.065 | 547.995 | 486.918 | 664.997 |
| III | 312.506 | 629.839 | 745.715 | 685.024 | 893.509 |
| IV | 497.381 | 940.531 | 1.083.358 | 1.022.920 | 1.241.108 |
| V | 1.348.291 | 2.279.563 | 2.371.988 | 2.216.585 | 2.484.451 |

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la Figura 5 muestra los gastos totales mensuales en masas sin relleno, entre las que se encuentran las líneas de tallarines y otros productos de igual categoría.

Los resultados de las encuestas indican que el gasto para este tipo de masas en cada uno de los años, aumenta en la medida que el ingreso promedio mensual por quintil sube. Así, mientras en 1987 el primer quintil gastaba \$1.905,8, el quinto quintil (de mayor ingreso mensual) presentó un consumo de \$3.492,4. Situación similar se dio en cada año en que esta encuesta fue aplicada. En 2017, el primer quintil gastaba \$ 1.612,6 en masas sin relleno, mientras que el quinto quintil consumía \$3.284,4. Lo anterior refleja que el consumo de masas responde positivamente al nivel de ingresos asociados a los quintiles, sobre los cuales se dividió la población.

Al considerar el nivel de gasto por cada uno de los quintiles en el tiempo, es posible observar que éste disminuye entre las encuestas aplicadas los años 1987 y 2013 para cada uno de los quintiles considerados. Pero en la última encuesta, el gasto en masas se incrementa levemente solo en los quintiles cuarto y quinto, a diferencia de lo que ocurre en el primer quintil, en el que nivel de gasto disminuye en un 17,8 % entre el año 2013 y 2017.

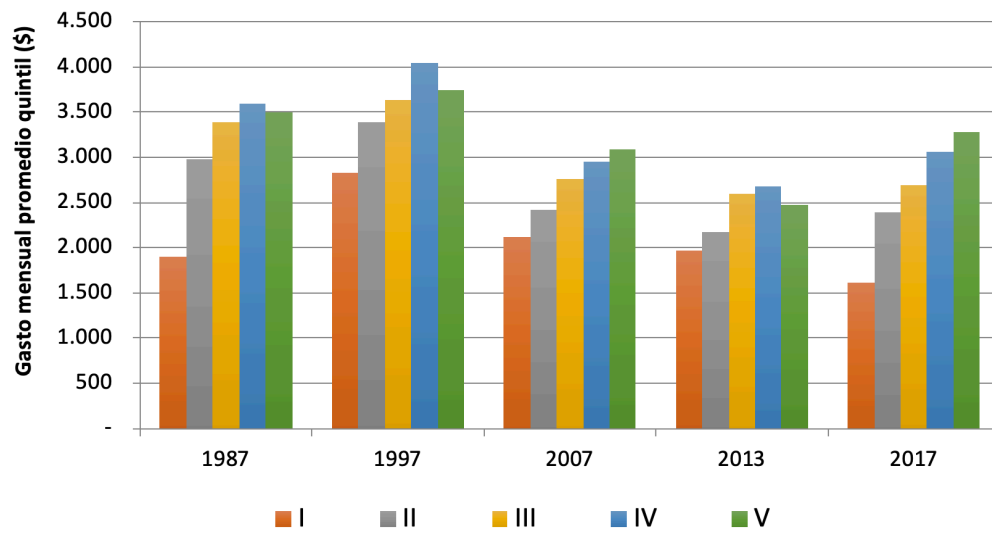


Figura 5. Gastos totales promedio mensuales en masas sin relleno por quintil (\$ de junio del 2018). Fuente: elaboración propia.

Niveles de gasto en bienes y servicios en función del ingreso per cápita

Otro aspecto importante de considerar es el nivel de gastos que se realiza en función del ingreso per cápita disponible por las familias; información que se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Quintiles de la población distribuidos en función del ingreso per cápita de las familias (\$ de junio 2018).

| Quintil | 1987 | 1997 | 2007 | 2013 | 2017 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I | 81.157 | 190.264 | 453.023 | 427.701 | 607.016 |
| II | 166.670 | 381.803 | 603.007 | 573.450 | 758.125 |
| III | 276.052 | 595.471 | 768.743 | 702.958 | 894.051 |
| IV | 477.028 | 973.190 | 1.039.574 | 974.567 | 1.224.662 |
| V | 1.592.088 | 2.826.703 | 2.223.761 | 2.044.667 | 2.237.962 |

Fuente: elaboración propia.

Cabe indicar que el ingreso familiar per cápita ha registrado un aumento considerable en los estratos de la población de ingresos menores. Así, mientras en la encuesta aplicada en 1987, el ingreso promedio de las familias alcanzaba a \$ 81.157, en el año 2017 llegó a \$ 607.016, es decir, 7,5 veces más elevado. En tanto, en el estrato de mayores ingresos fue de 1,41, aumento significativamente menor en términos comparativos.

Los gastos en masas sin relleno registrados en las encuestas, según criterio de la distribución por quintiles en base al ingreso familiar per cápita, se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Gastos en masas sin relleno de la población distribuida por quintiles con base en su ingreso per cápita.

| Quintil | 1987 | 1997 | 2007 | 2013 | 2017 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| I | 2.559,3 | 3.858,5 | 2.856,3 | 2.695,7 | 2.600,0 |
| II | 3.030,5 | 3.587,3 | 2.750,7 | 2.472,2 | 2.747,9 |
| III | 3.164,1 | 3.697,0 | 2.699,9 | 2.523,7 | 2.749,9 |
| IV | 3.385,6 | 3.477,6 | 2.656,7 | 2.264,0 | 2.382,7 |
| V | 3.218,1 | 3.016,0 | 2.428,7 | 1.917,6 | 2.560,2 |

Fuente: elaboración propia.

Es posible observar que los niveles de gastos en masas sin relleno se mantienen relativamente constantes entre años y dentro de años, cuando la población es dividida por ingresos per cápita, existiendo una leve tendencia a un aumento en los gastos en este tipo de producto solo en la encuesta practicada en el año 1987. Con posterioridad a esta, la situación se revierte. Es decir, en la medida que aumenta el ingreso familiar, el gasto en masas no rellenas tiende a disminuir. Otro aspecto importante de señalar es que a través de los años, el gasto en el consumo de estos productos tiende a bajar en prácticamente en todos los quintiles ordenados por el nivel de ingreso per cápita.

Índice de gasto en el consumo de masas sin relleno

El Cuadro 7 muestra los índices para los gastos realizados en masas sin relleno, en función de los gastos que efectúan las familias en la compra de bienes y servicios.

Es interesante señalar que la proporción relativa en los gastos dentro de cada año disminuye en la medida que los ingresos de las familias aumentan. Así, para el año 1987 el índice calculado corresponde a 0,641 en los quintiles II y I, y se hace negativo en los quintiles IV y V.

Cuadro 7. Índices de los gastos para masas sin relleno en función de gasto total.

| Quintil | 1987 | 1997 | 2007 | 2013 | 2017 |
|----------|--------|--------|-------|--------|-------|
| II y I | 0,641 | 0,344 | 0,232 | 0,188 | 0,933 |
| III y II | 0,258 | 0,204 | 0,398 | 0,485 | 0,363 |
| IV y III | 0,099 | 0,232 | 0,146 | 0,063 | 0,347 |
| IV y V | -0,016 | -0,052 | 0,040 | -0,066 | 0,075 |

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, para el año 2017 los índices de gasto en relación al gasto total de las familias entre los quintiles II y I, es casi unitaria. En tanto, para los quintiles IV y V es prácticamente cero. Lo anterior implica que para las familias de los quintiles I y II, en la medida que disponen de la posibilidad de un mayor gasto total, el gasto asociado a pastas sin relleno aumenta en igual proporción al aumento del gasto total. La situación es totalmente opuesta en los quintiles IV y V, donde ante una mayor posibilidad de gasto total, el gasto en pasta sin relleno se mantiene igual e, incluso, disminuye.

El Cuadro 8 muestra los índices calculados en el gasto entre quintiles sucesivos en masas sin relleno, en función de los ingresos per cápita de la población encuestada.

Cuadro 8. Índices del gasto en función del ingreso per cápita para masas sin relleno.

| Quintil | 1987 | 1997 | 2007 | 2013 | 2017 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| II y I | 0,175 | -0,070 | -0,112 | -0,243 | 0,229 |
| III y II | 0,067 | 0,055 | -0,067 | 0,092 | 0,004 |
| IV y III | 0,096 | -0,094 | -0,045 | -0,266 | -0,361 |
| IV y V | -0,021 | -0,070 | -0,075 | -0,139 | 0,090 |

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se obtienen de la información del consumo sobre la base de los ingresos per cápita son relevantes, puesto que señalan que la respuesta del gasto en masa seca es baja, sea esta positiva o negativa ante aumentos del ingreso per cápita de cada uno de los quintiles. Estos resultados indican que en la medida que aumente el ingreso, el consumo de masas sin relleno no sufre mayores modificaciones.

Análisis de los beneficios de la investigación

Las ventas de variedades INIA durante las últimas temporadas se muestran en la Figura 6. Las ventas están referidas a una continuidad, en las que una variedad se encuentra en uso por un número determinado de años y, posteriormente, es reemplazada en forma gradual por otras variedades. Esto se debe, entre otras razones, a que las ventajas productivas que tiene una variedad van disminuyendo paulatinamente producto de una mayor susceptibilidad a enfermedades, menor disponibilidad de semilla certificada, etc.

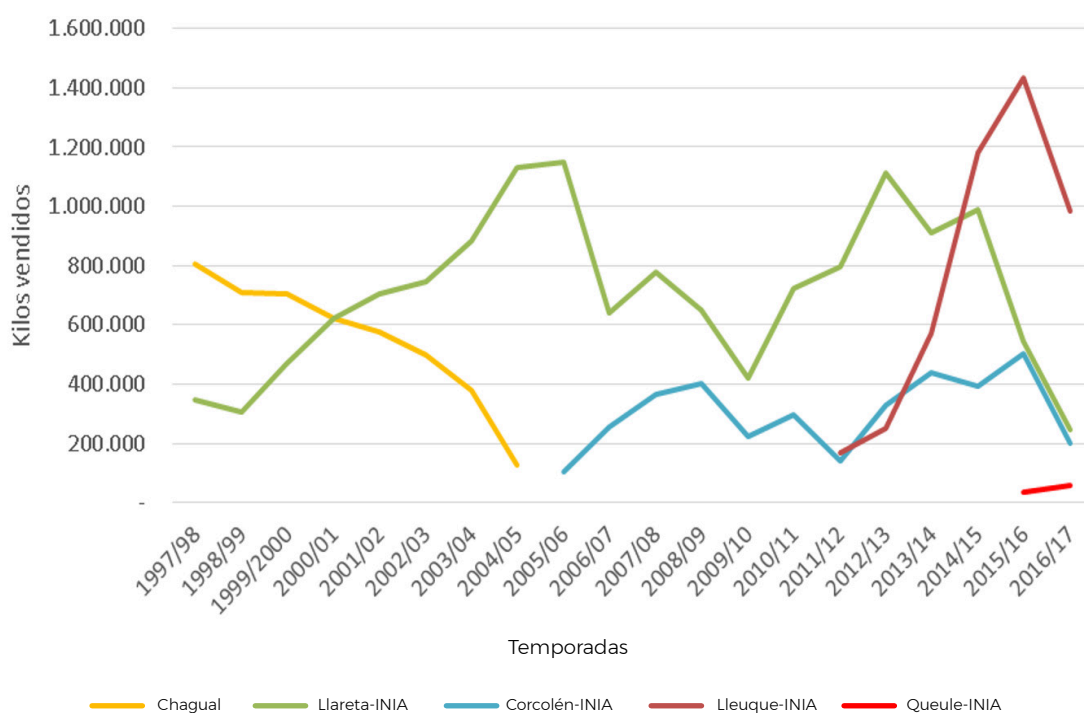


Figura 6. Ventas de las variedades de trigo candeal producidas por INIA por temporada. Fuente: INIA.

De acuerdo a las estadísticas de venta, una de las variedades que más ha permanecido en el tiempo es Llaretta-INIA, la que fue muy difícil de reemplazar; obligando a INIA a establecer un sistema de producción de semilla que permitiera mantener la calidad de la misma, antes de que fuera sustituida por otras variedades como Lleuque-INIA y, en las últimas temporadas, por Queule-INIA. Otra de las variedades importantes fue Corcolén-INIA, que se mantuvo en el mercado por 12 años y que en estas últimas temporadas también fue reemplazada por Lleuque-INIA y Queule-INIA.

El Cuadro 9 muestra que las nuevas variedades generadas por INIA presentan avances importantes con respecto a la variedad antigua Chagual, especialmente en términos de rendimiento y características de calidad industrial (peso hectolitro, porcentaje de proteína y grano vítreo), lo cual determinó que los valores de Fn para cada una de ellas fuera superior a esta variedad.

Cuadro 9. Parámetros productivos y de calidad industrial de las variedades de trigo candeal producidas por INIA y sus valores relativos en comparación a Chagual.

| | Chagual | Llaretta-INIA | Corcolén-INIA | Lleuque-INIA | Queule-INIA |
|-------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Rendimiento (qq/ha) | 65 | 81 | 81 | 88 | 88 |
| Peso hectolitro (kg/Hl) | 82 | 85 | 84,6 | 84 | 83,9 |
| Proteína (%) | 9,5 | 11,6 | 11,4 | 11,2 | 11,0 |
| Grano vítreo (%) | 74 | 96,9 | 97,1 | 94,5 | 96,2 |
| Peso Hl | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | |
| % Proteína | 0 | 2 | 2 | 2 | |
| Grano vítreo | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Valores de Fn | 2,5 | 5,5 | 5,5 | 5 | |

Fuente: elaboración propia.

La Figura 7 muestra la evolución de los beneficios sociales del Programa de Mejoramiento Genético de trigo candeal. De acuerdo a los criterios establecidos para este trabajo, en los que se necesitaron seis temporadas para generar la variedad Chagual, luego de esto, dada la introducción y adopción de la variedad Llaretta-INIA, Corcolén-INIA y Lleuque-INIA, el crecimiento de los beneficios sociales aumentó significativamente. En tanto, los costos anuales del programa en todos los años de análisis, al igual que los costos de transferencia, se mantuvieron prácticamente constantes en las veinte temporadas que abarcó este trabajo.

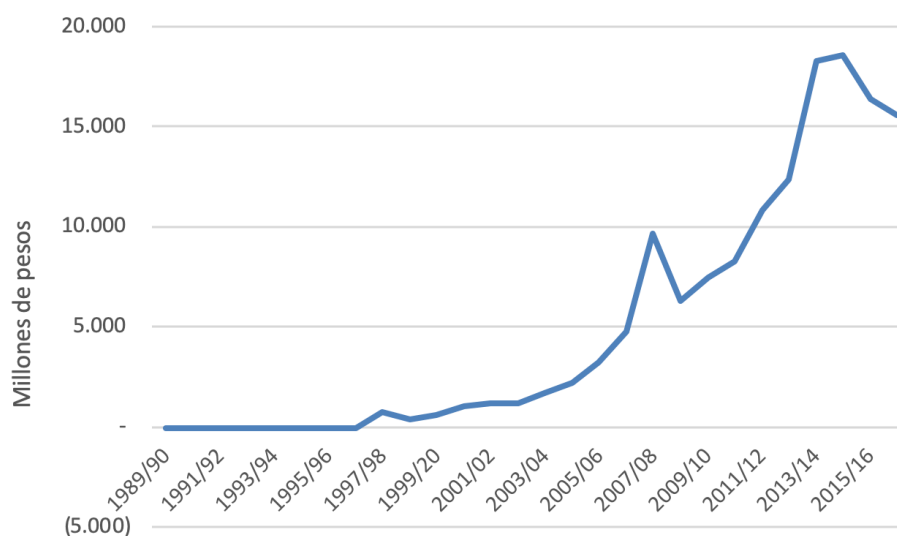


Figura 7. Evolución del Beneficio Social de la adopción de variedades de trigo candeal.

De acuerdo a las estimaciones, este Beneficio Social alcanzó durante la última temporada (2015/2016), 15,5 mil millones de pesos (Figura 7).

El Cuadro 10 muestra los resultados de la evaluación económica de la inversión en investigación en el Programa de Variedades de Trigo Candeal. Al considerar los resultados de las regresiones logarítmicas para la determinación de las elasticidades de la demanda y oferta de trigo candeal, que alcanzaron a 1,395 y 0,2839 respectivamente, la TIR llegó a 51 %, mientras que el VAN de los Beneficios Sociales fue de 11.126 millones de pesos, de los cuales, 8.420 millones corresponden a los excedentes que obtiene la industria y 3.067 millones a los consumidores.

Al sensibilizar las elasticidades, la Tasa Interna de Retorno no sufre grandes modificaciones, sin embargo, existen variaciones significativas en relación a los valores de los Beneficios Sociales de la Investigación. Hipotéticamente, si las elasticidades de la oferta y la demanda fuesen unitarias para ambas, el Beneficio Social aumentaría tanto para el productor como para el consumidor, capturando el primero los mayores beneficios de la investigación. La excepción a esta regla se obtiene cuando la elasticidad de la demanda es perfectamente inelástica (igual a cero), y la de la oferta es unitaria. En estas condiciones, el Beneficio Social se maximiza a 16.300 millones, pero el excedente del productor es negativo capturando, por tanto, gran parte de los beneficios los consumidores.

Cuadro 10. Resultados de la evaluación del impacto del Programa de Mejoramiento Genético de variedades de trigo candeal.

| Elasticidad | Valor absoluto elasticidad | TIR (%) | Beneficio Social (MM\$)(a) | Beneficio Social (MUS\$) (a) | Excedente del Productor (MM\$) | Excedente del Productor (MUS\$) | Excedente del Consumidor (MM\$) | Excedente del Consumidor (MUS\$) |
|--------------|----------------------------|---------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Demanda (*) | 0,65 | 52 | 13.306 | 19.637 | 7.117 | 10.503 | 6.549 | 9.665 |
| Oferta(*) | 0,82 | | | | | | | |
| Demanda (**) | 1,395 | 51 | 11.126 | 16.419 | 8.420 | 12.426 | 3.067 | 4.526 |
| Oferta(**) | 0,2839 | | | | | | | |
| Demanda | 1 | 52 | 12.872 | 18.996 | 10.044 | 14.823 | 3.188 | 4.705 |
| Oferta | 1 | | | | | | | |
| Demanda | 0 | 53 | 16.300 | 24.055 | -2.947 | -4.349 | 19.607 | 28.936 |
| Oferta | 1 | | | | | | | |
| Demanda | 1 | 51 | 11.158 | 16.467 | 3.428 | 5.059 | 8.090 | 11.939 |
| Oferta | 0 | | | | | | | |

(a): Valor dólar promedio noviembre 2018: 677,61.

(*): Valores de las elasticidades de los trabajos de Morales y Foster (2001 y 2002).

(**): Valores calculados utilizando los datos disponibles para trigo candeal.

Conclusiones

El Programa de Mejoramiento Genético en trigo candeal desarrollado por INIA, ha generado un Beneficio Social importante para el país, dado que las variedades que ha lanzado al mercado son significativamente superiores en rendimientos y calidad industrial en relación a la variedad Chagual, que sirvió de base para la evaluación económica.

Al utilizar los valores de elasticidad calculados por Morales y Foster (2001 y 2001), la TIR alcanza a un 52 %, mientras que el Beneficio Social es de 13.306 millones de pesos (19,6 millones de dólares) y los excedentes para el productor y consumidor, de 7.117 y 6.549 millones de pesos, respectivamente. Al utilizar valores calculados mediante el modelo de regresión del tipo Cobb Douglas, para obtener las elasticidades de la demanda y oferta, el Beneficio Social fue de 11.126 millones de pesos, de los cuales gran parte queda como excedente de la industria y una parte menor en los consumidores. Por último, la Tasa Interna de Retorno alcanza a un 51 %, que se encuentra dentro de los límites normales de rentabilidad de la inversión en investigación agrícola.

La industria debe internalizar las variaciones de los precios y la demanda que enfrenta de sus productos. En este sentido, las encuestas de presupuestos familiares muestran que, desde el punto de vista del gasto de las familias y del ingreso per cápita, los gastos asociados al consumo de pastas sin relleno se mantienen más o menos constantes durante los últimos años, y los índices de ingreso estimados sobre la base de estas encuestas son, en general, bajos, señalando que a pesar de que los ingresos familiares han aumentado, esto no se traduce en un aumento significativo del gasto en masas sin relleno realizado por las familias en cada uno de los quintiles. La industria ha diversificado de manera importante sus productos. Dicho aspecto no ha sido considerado en este estudio, pero es probable que al agregarlo, los índices asociados al ingreso aumenten, lo que sustentaría el que la industria capture gran parte de los beneficios del mejoramiento genético de trigo candeal.

Referencias

- Alston J., Norton G. and Pardey P. 1995. Science under scarcity. Principles and practice for Agricultural Research Evaluation and Priority setting. Connell University Press. 585 p.
- Avila, F., Rodrigues, S., Vedoto, L.. 2008. Avaliacao dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa. Metodologia de referencia. Brasilia, Brasil.
- Ayer H. W. y Schuh G. E. 1972. Social rates of return and other aspects of agricultural research: The case of cotton research in Sao Paulo, Brazil. American Journal of Agricultural Economics, 557-569.
- Campos A. y Beratto E. 2001. Análisis del impacto económico del contrato INIA-CCU para el mejoramiento genético de cebada cervecera. Agricultura Técnica 61(3); 352 - 366.
- Estadísticas mundiales de producción de trigo candeal. <http://www.ndwheat.com/uploads%5Cresources%5C546%5Cworld-web-charts.pdf>
- Fundación Chile. 2008. Estudio de competitividad de la cadena del trigo candeal. Área de Agroindustria. Rodrigo Acevedo Vergara. Flavio Araya Mourgues. María Cristina Cabello Holley. Gabriela Herrera Barros. Gabriel Leyton Buccicardi. Mauricio Toro Torres. Raúl Vásquez Toro. Mireya Zerené.
- Instituto Nacional de Estadísticas. Encuesta de presupuestos familiares. 1987, 1997, 2007, 2013, 2017.
- International Grains Council. <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx>
- Masakatsu Akino y Yujiro Hayami. 1975. Efficiency and equity in public research: Rice breeding in Japan's economic development. American Journal of Agricultural Economics. P 1-10.
- Matus I.; Madariaga R. y Alfaro C. 2008. Pasado, presente y futuro de la producción de trigo candeal en Chile Seminario: Desarrollo de trigo candeal de alta calidad. 13 de noviembre de 2008, en INIA-Quilamapu. Seminario organizado en el marco del proyecto FIA: Identificación de genotipos de trigo candeal, de alta calidad y rendimiento para la zona mediterránea centro sur de riego y secano.
- Miller Magazine. World Durum Wheat Market and Turkey. 2018. Recuperado de: <http://www.millermagazine.com/english/world-durum-wheat-maket-and-turkey-3/>

Referencias

- Morales L. y Foster B. W. 2001. Modelo econométrico de funciones de oferta de trigo a nivel regional de Chile. Asociación de Economistas Agrarios. 6° Congreso de Economistas Agrarios. 37-47.
- Morales L. y Foster W. 2002. Modelo estacional de demanda molinera de trigo blando en Chile. Asociación de Economistas Agrarios. 7° Congreso de Economistas Agrarios. 517-525.
- Schultz W. 1965. La organización económica de la agricultura. 2a edición. Editorial: Fondo de cultura económica. 425 p.
- Silva, P., Matus, I., Madariaga, R., Acevedo Hinojosa, E. y Silva Candía, P. 2011. Criterios técnicos para el manejo de trigo candeal. Disponible en <https://doi.org/10.34720/ag44-9j72>
- Tsusaka, Taku & Harry, W & Moses, Siambi & Kizito, Mazvimavi & Okori, Patrick. (2016). Evolution and impacts of groundnut research and development in Malawi: An ex-post analysis. African Journal of Agricultural Research. 11. 139-158. 10.5897/AJAR2015.10167. 139-158.

