

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Evaluación de Impacto del Mejoramiento Genético de Trigo del INIA

Período 1997-2012

Una publicación de la
**UNIDAD DE PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO
Y EVALUACIÓN de INIA**

AUTORES

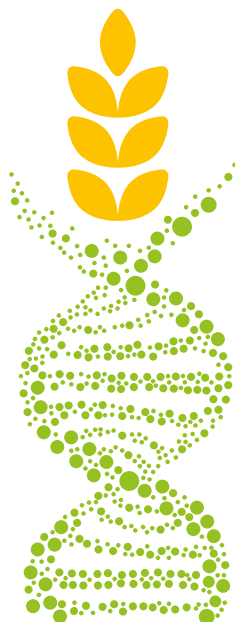
María Carolina De la Fuente González
Jorge A. González Urbina



SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UNIDAD DE PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN
ÁREA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO

Evaluación de Impacto del Mejoramiento Genético de Trigo del INIA

Período 1997–2012



Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)



**Evaluación de Impacto
del Mejoramiento
Genético de Trigo del INIA
Período 1997-2012**

Referencia:
Boletín INIA N° 319,
2015. 40 p.

Edición técnica:
Iván Matus T.
Subdirección Nacional de I+D;

Carlos Covarrubias Z.,
Unidad de Planificación,
Seguimiento y Evaluación (UPSE).

Edición periodística:
Andrea Romero G., Unidad de Comunicaciones INIA

Este boletín fue editado por el
Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA,
Ministerio de Agricultura.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente
y los autores.

Diseño y diagramación: Carola Esquivel

Impresión: GraticAndes Impresores
Cantidad de ejemplares: 500
Santiago, 2015.

Autores:

María Carolina De la Fuente González
Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Economía Agraria
Encargada Área de Evaluación de Impacto INIA

Jorge A. González Urbina
Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Economía Agraria / M.B.A. Marketing
Investigador INIA



Agradecimientos

En primer lugar, quisiéramos agradecer a los productores de trigo de las regiones del Biobío y de La Araucanía; así como a empresas y asociaciones que participaron desinteresadamente en el estudio y compartieron su valiosa experiencia en las entrevistas realizadas.

También quisiéramos agradecer a los investigadores y profesionales de INIA; y a los investigadores externos, cuyo conocimiento técnico y profesional resultó ser de gran relevancia en nuestro estudio.

Finalmente, dar las gracias a Mario Pareja¹, consultor en Medio Ambiente y Desarrollo, por su disposición a leer este documento y aportarnos con sus valiosos comentarios y sugerencias.

1 Coordinador del equipo que realizó el estudio denominado "Evaluación de los impactos económicos, sociales, ambientales e institucionales de 20 años de inversión en investigación e innovación agropecuaria por parte del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)-Uruguay". Además fue Líder del Componente Institucional.





Los chilenos consumieron, en promedio,

127 kilos de trigo per cápita entre

1997 y 2012, ocupando el 2º lugar a nivel

mundial en consumo de pan¹ con **96 kilos** per

cápita; y noveno lugar en consumo de pastas², con

8,4 kilos per cápita.

Por esto, el **Programa de Mejoramiento**

Genético de Trigo del INIA es un programa

estratégico debido a la importancia de este cultivo

en el consumo nacional.



1 Fuente: Odepa, 2011.

2 Fuente: IPO, 2012.



Índice

Prólogo	7
Resumen ejecutivo	9
1. Introducción	11
2. Estadísticas productivas y de stock	12
3. Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de Trigo de INIA	14
3.1 Producción de semillas de trigo INIA	15
3.2 Variedades INIA recomendadas período 1997–2012	19
4. Metodología	20
5. Resultados	24
5.1 Impacto económico del PMG Trigo (1997–2012)	24
5.2 Análisis de rentabilidad PMG Trigo y generación de riqueza 1997–2012	27
5.3 Análisis de sensibilidad	28
5.4 Entrevistas a informantes calificados	30
6. Conclusiones del estudio	35
7. Literatura consultada	37





El Programa de Mejoramiento Genético
(PMG) de Trigo del INIA ha generado
beneficios económicos para
Chile por sobre los **US\$ 10**
millones de dólares.

Por cada dólar que se ha invertido en el PMG
de Trigo del INIA, el **Instituto retorna**
2,8 dólares a la sociedad.





Prólogo

Desde 1964, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha entregado tecnologías e innovaciones al sector agropecuario, con el objetivo de fortalecer la seguridad y calidad alimentaria de la población. Hoy es líder en la generación y transferencia de conocimiento y tecnología objetiva e imparcial, para producir innovación e incrementar la competitividad del sector agroalimentario nacional, de manera sustentable, inclusiva y amigable con el medioambiente. Esta entrega de conocimientos ha logrado generar una amplia oferta tecnológica, que ha contribuido a potenciar diferentes sectores de la agricultura y la ganadería, así como también al desarrollo global del país.

En su historia, el INIA ha aportado más de 270 variedades chilenas de cultivos, frutales, hortalizas y forrajeras, que ocupan un alto porcentaje del mercado nacional, abasteciendo a diario nuestras mesas con productos y alimentos chilenos de la mejor calidad. De hecho, hoy más del 95% del trigo candeal y el 65% del trigo harinero, así como prácticamente el 100% del arroz que se produce en el país, corresponden a variedades creadas por los investigadores de INIA; y lo mismo sucede con otros productos de consumo masivo como la papa, avena, centeno, leguminosas de grano y praderas. Así también, el aporte de la investigación al desarrollo de la ganadería bovina y ovina de Chile es innegable y es nuestro deber cuantificarlo.

En el año 2013 se establece en el INIA el Área de Evaluación de Impacto, con el objetivo de “determinar el impacto de los resultados de la investigación y la transferencia tecnológica que desarrolla la institución en la innovación de los sistemas y cadenas productivas”. La creación de esta área viene a cubrir una necesidad e interés institucional por efectuar evaluaciones periódicas que permitan determinar la contribución del Instituto al desarrollo productivo de país.

El trabajo del Área de Evaluación de Impacto comienza con la revisión de metodologías utilizadas por instituciones que comparten nuestro objetivo, tales como EMBRAPA (Brasil), INIA (Uruguay), INTA (Argentina), ACIAR (Australia) y AGRESEARCH (Nueva Zelanda). Esta revisión consistió en un análisis del marco teórico y metodológico de dichas instituciones. Posteriormente se efectuó un análisis en terreno en EMBRAPA e INIA Uruguay, donde se recogieron experiencias en la elaboración de estudios de evaluación de impacto. Junto con esto, se realizaron reuniones con diferentes informantes calificados con vasta trayectoria en el área.

La experiencia obtenida en todas estas instancias permitió elaborar el estudio que se presenta a continuación, el cual evalúa el impacto del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo desarrollado por INIA. En el estudio, además de la propia información del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo, se recopilan antecedentes del rubro y de la contribución de las variedades desarrolladas y su disponibilidad en el mercado, con la finalidad de contextualizar los resultados obtenidos.



La elaboración de un trabajo como éste permite tener un primer acercamiento formal con la evaluación de impacto y dar el contexto necesario para seguir evaluando el desempeño y aporte del Instituto a través de la investigación + desarrollo + extensión + difusión y transferencia de tecnología, a la agricultura del país. El objetivo es continuar y ampliar la experiencia y conocimiento obtenidos, logrando un flujo constante de información y evaluaciones de impacto en todos los rubros posibles, de modo de contribuir crecientemente a un desarrollo sustentable del sector agroalimentario en Chile y la región.

Iván Matus Tejos

Subdirector Nacional de Investigación y Desarrollo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias





Resumen ejecutivo

Uno de los desafíos que enfrentan los institutos de investigación agropecuaria, como INIA, es entregar evidencias sólidas de su contribución a la sociedad.

En una sociedad con necesidades infinitas y recursos escasos, la asignación de estos recursos a programas eficientes y eficaces es cada vez más relevante. Por este motivo, la evaluación de impacto de programas o proyectos de investigación y desarrollo es una herramienta necesaria que permite, metodológicamente, evidenciar la contribución entregada por la investigación a la sociedad y de evaluar la rentabilidad de los recursos que aporta el Estado para el desarrollo de esta actividad. Tal contexto no es ajeno al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y al país, por ello, y en el marco institucional de potenciamiento de nuevas áreas de trabajo y generación de valiosa información pública, se ideó e implementó el presente trabajo.

El estudio se centró en la evaluación del impacto económico del Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de Trigo, por dos razones:

1. Es un programa estratégico para el país, debido a la importancia en el consumo nacional del trigo y sus derivados: 127 kilos per cápita promedio durante el período 1997–2012, ocupando el segundo lugar a nivel mundial en consumo de pan con 96 kilos per cápita, después de Alemania (ODEPA, 2011); y noveno lugar en consumo de pastas con 8,4 kilos per cápita (International Pasta Organisation, 2012).
2. La inversión permanente de fondos públicos en este programa.

El objetivo es “entregar evidencia sólida de los impactos generados por el PMG de Trigo de INIA en la sociedad durante los últimos 15 años (1997–2012)”, de los cuales se tiene una percepción, pero que no ha sido validada por medio de estimación empírica de sus resultados. Para ello, se comprobará la veracidad de la hipótesis: *“la adopción tecnológica por parte de los agricultores da cumplimiento a la misión* y a los objetivos del INIA, por lo tanto, las inversiones realizadas en el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo ha sido rentable para la sociedad y ha mejorado la competitividad del rubro”*.

La información utilizada se recolectó desde fuentes secundarias, entre las cuales se encuentran: la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Banco Central de Chile y Comercializadora de Trigo S.A. (COTRISA), entre otros. Además, para complementar el estudio, se realizaron entrevistas a informantes calificados, quienes entregaron una visión integral de los cambios tecnológicos ocurridos durante el periodo de análisis, los beneficios y problemas de adoptar estas nuevas

* La Misión del INIA es generar y transferir conocimientos y tecnologías estratégicas a escala global, para producir innovación y mejorar la competitividad del sector agroalimentario.



tecnologías, junto con las principales entidades u organizaciones que influyeron en esos cambios, entre otros temas.

Los retornos sobre la inversión del PMG de Trigo continúan generando beneficios a la sociedad y al sector triguero en particular. Esto se confirma con la rentabilidad obtenida a través de la **Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual alcanzó los 25,5% en el período (1997–2012)**, valor de rentabilidad del mismo orden de magnitud determinado en evaluaciones de similar naturaleza en Sudamérica y otros países del área, como por ejemplo Perú, con retornos entre 18 y 36%, Canadá con retornos de 30% y Colombia con retornos entre 11 y 12%. Con relación al indicador de generación de riqueza VAN, alcanza una magnitud de US\$ 10.102.619, cubriendo los costos sobre la inversión en PMG de Trigo INIA (3 MM US\$). Respecto a la razón beneficio–costo, el valor obtenido fue de 2,8. Es decir, **por cada dólar invertido en el PMG de trigo del INIA, la institución retorna a la sociedad 2,8 dólares**. Por tanto, el impacto económico determinado evidencia la importancia estratégica y económica en el PMG de trigo del INIA para la sociedad chilena.

De hecho, es relevante su permanencia y fortalecimiento, pues constituye inversión y no gasto. Sin embargo, ello debe ir en armonía con el aumento de las acciones de investigación y divulgación en el manejo agronómico del cultivo.



1. Introducción

Uno de los desafíos que enfrentan los institutos de investigación agropecuaria, como INIA, es entregar evidencias sólidas de su contribución a la sociedad.

En una sociedad con necesidades infinitas y recursos escasos, la asignación de éstos a programas eficientes y eficaces es cada vez más relevante. Por tal motivo, la evaluación de impacto de programas o proyectos de investigación y desarrollo es una herramienta cada vez más necesaria que permite evidenciar metodológicamente la contribución entregada por la investigación a la sociedad. Este contexto no es ajeno al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y al país, por ello, y en el marco institucional de potenciamiento de nuevas áreas de trabajo y generación de valiosa información pública, se ideó e implementó el presente trabajo.

La evaluación del impacto cubre, principalmente, tres tipos de enfoques:

- El económico.
- El social.
- El ambiental.

Ellos entregan información relevante a diferentes actores (Gobierno, políticos, sociedad) que la demandan. De estos tres enfoques, ha sido ampliamente utilizada en los diferentes institutos de investigación, la **evaluación de impacto económico** por medio de la estimación de la rentabilidad generada por la investigación, junto con el uso de diferentes indicadores de evaluación de proyectos: rentabilidad mediante la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**, la eficiencia económica vía **relación beneficio-coste (B/C)** y nueva riqueza generada vía estimación del **Valor Actual Neto (VAN)**.

Este trabajo se centró en la evaluación del impacto económico del Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de Trigo del INIA, el cual gracias a su continuidad ha logrado liberar variedades de manera permanente al sector agrícola, lo que se ha traducido en variedades de alto rendimiento, resistentes a enfermedades, adaptadas a diferentes zonas geográficas de nuestro país y de mejor calidad industrial. Junto con ello, ha sido posible mejorar sistemáticamente la competitividad del cultivo, el cual es componente esencial de la alimentación de la población nacional.

La presente publicación tiene por objetivo entregar evidencia sólida de los impactos generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIA en la sociedad durante los últimos 15 años (1997-2012), de los cuales se tiene una percepción, pero que no ha sido validada por medio de la estimación empírica de sus resultados. Para ello, se comprobará la veracidad de la hipótesis: *"la adopción tecnológica por parte de los agricultores da cumplimiento a la misión y a los objetivos del INIA, por lo tanto, las inversiones realizadas en el Programa de Mejoramiento Genético del Trigo ha sido rentable para la sociedad y ha mejorado la competitividad del rubro"*.



El estudio evalúa el período 1997 a 2012, por dos razones:

1. INIA dispone de información más consolidada y mejor sistematizada a partir del año 2002. Esto implica contar con información *confiable* de hace al menos 10 años. Para años previos, sin información sistematizada, se buscó la metodología más adecuada para conseguir información de calidad semejante.
2. El desfase existente entre el momento en que se realizan las inversiones en investigación² (t_0) y el momento en que éstas materializan sus primeros impactos en la producción agrícola es del orden de 6 a 7 años en promedio (IICA, 1986); mientras que desde la aparición de los primeros impactos y la máxima adopción³ de los agricultores hay un desfase promedio de 7 años⁴ (Avila & Da Cruz, 1996). Es decir, las inversiones en investigación (t_0) en el PMG de Trigo comienzan en 1992 (de acuerdo al período evaluado), materializando sus primeros impactos en la producción agrícola de trigo en 1997, y por un período de quince (15) años, cuando se produce la máxima adopción de la tecnología (año 2012).

2. Estadísticas productivas y de stock

Desde 1997 hasta 2012, los cereales han concentrado en promedio el 78% de la superficie de cultivos anuales. Dentro de este grupo, el trigo siempre ha destacado por su importancia relativa, concentrando aproximadamente el 55% de la superficie de cereales.

En 1997 la superficie sembrada con trigo ascendía a 383.622 hectáreas (Cuadro 1), 15 años después la superficie se redujo un 34%, llegando a 253.627 hectáreas. Sin embargo, y a pesar de esta fuerte caída, los rendimientos no sufrieron una variación similar, sino un incremento de 33%.

La superficie total de trigo se divide en trigo harinero y candeal. Unas 238.410 hectáreas (año 2012) corresponden a trigo harinero, cuyo destino final es la industria panadera, mientras que las 15.217 hectáreas restantes son de trigo candeal, cuya finalidad es la elaboración de pastas.

2 “Desfase en la investigación” es el periodo que transcurre entre la inversión inicial realizada en el programa y la generación de la tecnología lista para ser transferida a los productores (IICA, 1986).

3 “Desfase en la adopción” es el periodo transcurrido desde que los primeros adoptantes o innovadores adoptan la nueva tecnología, hasta que ésta es asimilada por todos los productores que constituyen la población objetivo del subprograma de transferencia de tecnología (IICA, 1986).

4 La duración media del periodo de adopción varía de innovación en innovación, por ejemplo, nueve años para la adopción de semillas híbridas de maíz, ocho años para pastos seleccionados, poco más de dos años para herbicidas de 2,4-D. Fuente: (http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/10808_4.pdf, página 39).





Cuadro 1: Evolución de la superficie, producción nacional y rendimiento de trigo. Período 1997-2012.

Año Agrícola	Superficie Sembrada (ha)	Producción Nacional (t)	Rendimiento (qqm/ha)
1997/98	383.622	1.682.040	43,8
1998/99	338.583	1.196.626	35,3
1999/00	391.580	1.492.710	38,1
2000/01	414.000	1.780.157	43,0
2001/02	426.100	1.820.387	42,7
2002/03	415.660	1.797.084	43,2
2003/04	420.400	1.921.652	45,7
2004/05	419.660	1.851.940	44,1
2005/06	314.720	1.403.689	44,6
2006/07	231.785	1.104.571	47,7
2007/08	270.591	1.237.861	45,7
2008/09	280.644	1.145.290	40,8
2009/10	264.304	1.523.921	57,7
2010/11	271.415	1.575.822	58,1
2011/12	245.277	1.213.101	49,5
2012/13	253.627	1.474.663	58,1

Fuente: ODEPA, 2014.

En Chile la mayor superficie sembrada se encuentra en la zona sur del país. La región de La Araucanía siembra en promedio el 40% del total nacional, seguida por la región del Biobío con un 28% y la región del Maule, con un 13%. Entre 1997 y 2012, la producción nacional anual fue de 1.513.845 toneladas en promedio.

En relación al consumo total aparente⁵ de trigo, éste se ha mantenido cercano a los 2 millones de toneladas entre 1997 y el 2012 (Cuadro 2); cuya demanda total ha sido cubierta en un 26% en promedio por las importaciones. Cabe destacar la relevancia de la producción interna, cuyo aporte es de un 74% de cobertura del consumo aparente total, hecho que es preciso enfatizar debido a la importancia relativa de los cereales y el pan en el costo de la canasta básica (29%) (Ministerio de Desarrollo Social, 2014).

5 El consumo aparente expresa la disponibilidad de un producto para una población en un tiempo dado (ODEPA, 2012).



Cuadro 2: Volumen importado de trigo, producción nacional de trigo, volumen exportado y consumo aparente.

Año	Volumen Importado (t)	Producción Nacional (t)	Volumen Exportado (t)	Consumo Aparente (t)
1997	400.919	1.682.040	144	2.082.815
1998	630.370	1.196.626	31,4	1.826.964
1999	499.923	1.492.710	15,1	1.992.618
2000	415.869	1.780.157	6,7	2.196.018
2001	140.279	1.820.387	7,2	1.960.659
2002	216.622	1.797.084	20,1	2.013.686
2003	401.265	1.921.652	34,9	2.322.882
2004	159.476	1.851.940	66,1	2.011.350
2005	114.830	1.403.689	9	1.518.511
2006	949.647	1.104.571	12,3	2.054.206
2007	996.333	1.237.861	26	2.234.168
2008	778.467	1.145.290	12,9	1.923.744
2009	663.605	1.523.921	3,8	2.187.523
2010	614.636	1.575.822	2,5	2.190.456
2011	625.442	1.213.101	110,8	1.838.432
2012	873.949	1.474.663	2,5	2.348.609

Fuente: Elaboración autores con información de COTRISA y ODEPA.

3. Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de Trigo del INIA

Creado en el año 1964, este programa se concentra en el mejoramiento genético del trigo (*Triticum aestivum* L. y *Triticum turgidum* L. var. *durum*), que constituye el cultivo de cereal más importante para la agricultura nacional.

Los objetivos generales del PMG de Trigo son:

- (i) Crear variedades con alto potencial de rendimiento.
- (ii) Crear variedades que cumplan exigencias de calidad de la industria panadera y de pastas.
- (iii) Crear variedades resistentes a plagas y enfermedades, adaptadas a diferentes condiciones ambientales.



Para cumplir estos objetivos, uno de los pilares es la realización de un importante intercambio de germoplasma y variedades con la institución más importante en el mundo en mejoramiento genético de trigo, el Centro Internacional de Mejoramiento Genético de Maíz y Trigo, CIMMYT, además de programas de mejoramiento genético de universidades y empresas productoras de semillas de trigo en el mundo.

El germoplasma con que trabaja el PMG de Trigo, a medida que va avanzando el proceso de generación de variedades, se clasifica en los siguientes grupos o etapas:

- (i) Híbridos F1
- (ii) Poblaciones F2
- (iii) Poblaciones F3 a F7
- (iv) Jardines nacionales
- (v) Jardines extranjeros
- (vi) Ensayos de rendimiento
- (vii) Ensayos estándares

Los ensayos estándares corresponden a la última fase dentro del programa de mejoramiento de una línea experimental que, en este caso, se siembra en diversos ambientes, como la Región Metropolitana, región de O'Higgins (secano costero en el Centro Experimental INIA Hidango), región del Biobío (Valle Central Regado, precordillera riego y precordillera secano), regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Un primer antecedente que se desprende del proceso es que la generación de una variedad agronómica y comercialmente pertinente, toma un período importante y, en consecuencia, inyección de recursos. Lo anterior significa que ineludiblemente la inversión en el programa –y en todos los programas de mejoramiento genético– genera una rentabilidad de mediano a largo plazo.

3.1 Producción de semillas de trigo INIA

La producción de semilla de variedades generadas es el producto tecnológico principal y más tangible de todo programa de mejoramiento genético

En Chile, la investigación, producción y comercialización de semillas está regulada por el DECRETO SUPREMO N°188 y el REGLAMENTO DECRETO LEY N° 1.764, de 1977. La producción y comercialización formal de semillas es la única actividad agropecuaria que está sujeta a una estricta regulación en su totalidad. En especial, la producción de semillas certificadas.

En este contexto, dos definiciones son fundamentales:



(i) **Semillas:** Todo grano tubérculo, bulbo y, en general, todo material de plantación o estructura vegetal destinado a la reproducción sexuada o asexuada de una especie botánica.

(ii) **Creador u Obtentor:** Es la persona natural o jurídica que, en forma natural o mediante trabajo genético, ha descubierto o logrado una nueva variedad o cultivar.

Por su alta especialización, INIA tiene un rol vital en el país como creador u obtentor de variedades, y un rol no menos clave como productor y multiplicador de semillas para el mercado nacional.

Del mismo modo, y referido a los materiales vegetales involucrados, cabe definir los siguientes conceptos:

(i) **Semilla Certificada:** Es aquella que proviene de semilla básica o de semilla certificada de una variedad, que es destinada para la producción de semilla certificada o de bienes de consumo, y que ha sido sometida a un proceso de producción supervisado y examinado oficialmente por el organismo certificador de semillas (División de Semillas, Servicio Agrícola y Ganadero, SAG).

(ii) **Semilla Corriente:** Es aquella que sin ser certificada cumple con los requisitos que establece el Decreto Supremo N°188 y con las normas pertinentes.

Las principales variedades de trigo, formalmente bajo certificación y que el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) incluye en sus registros históricos, se muestran en el Cuadro 3. Entre ellas dominan las variedades del INIA y, luego, es importante la presencia de variedades Baer, siendo Otto y Fritz de Baer y Pantera-INIA las con mayor superficie en certificación.



**Cuadro 3: Superficie de semillas certificadas de trigo harinero (ha).**

Variedad	2010/2011	2011/2012	2012/2013
BakanBaer	107	150	203
Bicentenario-INIA	24	34	45
CalugaBaer	0	99	88
Ciko-INIA	33	40	36
Crac Baer	24	82	50
Dollinco-INIA	53	54	60
Domo-INIA	11	0	0
Fritz Baer	116	174	213
Gorrion	40	34	29
Halcon	59	71	77
IkaroBaer	59	43	40
Impulso Baer	20	1	24
Invento Baer	54	62	120
Kipa-INIA	2	2	22
Konde-INIA	1	23	41
Kumpa-INIA	42	63	48
Libungo-INIA	10	0	0
Maqui-NIA	31	17	16
Maxi Baer	0	19	179
Maxwell (INIA)	0	36	47
Millán-INIA	0	1	17
Olivart	8	36	29
Otto Baer	268	320	312
Pandora-INIA	56	41	60
Pantera-INIA	159	184	213
Porfiado Baer	38	0	0
Puelche Baer	89	53	23
Queltehue	38	59	49
Quijote Baer	5	28	29
Quino Baer	28	35	22
Rupanco- INIA	1	4	6
Swindy	43	40	30
Tricahue	22	26	19
Tukán-INIA	22	30	26
Verónica	0	10	11
Total	1.462	1.867	2.183

Fuente: Elaboración autores con información SAG.



Las variedades de trigo que INIA ha puesto a disposición del mercado en el período 2009/2012 son las que se incluyen en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Variedades INIA de trigo mejoradas y comercializadas por INIA (qqm/ variedad).

Variedad	Trigo	2009	2010	2011	2012
Llaretá-INIA	Candeales	7.546	10.127	7.403	8.398
Corcolén-INIA		3.029	4.551	2.555	1.559
Lleuque-INIA		0	0	0	1.768
Bicentenario-INIA	Harineros	0	0	1.884	2.958
Dollinco-INIA		1.766	2.758	2.430	255
Konde-INIA		0	0	0	1.501
Kumpa-INIA		1.980	2.676	1.146	660
Libungo-INIA		41	29	186	139
Maqui-INIA		827	728	769	1.195
Maxwell		0	0	0	1.950
Rupanco-INIA		508	584	406	293
Tukán-INIA		2.204	1.410	1.493	1.909
Ciko-INIA		1.246	1.323	1.763	2.223
Domo-INIA		2.195	945	613	0
Pandora-INIA		3.674	3.942	3.595	2.675
Pantera-INIA		3.647	8.740	7.540	9.168
Total		28.662	37.811	31.783	36.651

Fuente: INIA





3.2 Variedades INIA recomendadas período 1997–2012

Las variedades registradas en el SAG y recomendadas por INIA durante el periodo en estudio (1997–2012), se obtuvieron de informativos de variedades recomendadas por INIA en diferentes temporadas.

En el Cuadro 5, se observa que existe un total de 30 variedades liberadas y recomendadas por el instituto durante este período.

Cuadro 5: Variedades recomendadas por el INIA para su siembra entre 1997–2012

Variedad	Trigo
Corcolén-INIA	Trigo Candeal
Llareta-INIA	
Lleuque-INIA	
Bicentenario-INIA	Trigo Harinero
Candela-INIA	
Ciko-INIA	
Dalcahue-INIA	
Dollinco-INIA	
Domo-INIA	
Huañil-INIA	
Huayún-INIA	
Kipa-INIA	
Kona-INIA	
Konde-INIA	
Kumpa-INIA	
Lancero-INIA	
Lautaro-INIA	
Libungo-INIA	
Maqui-INIA	
Maxwell	
Millán-INIA	
Opala-INIA	
Pandora-INIA	
Pantera-INIA	
Quelén-INIA	
Reinaco-INIA	
Rupanco-INIA	
Saeta-INIA	
Tamoi-INIA	
Tukán-INIA	

Fuente: Elaboración autores con información INIA.





4. Metodología

Se implementaron tres (3) etapas metodológicas.

La *primera* consistió en la recopilación de información primaria donde se solicitó a coordinadores de programas nacionales, a investigadores del INIA y al jefe nacional de Transferencia de Productos Tecnológicos de esta institución, entre otros, la identificación de tecnologías implementadas por INIA en trigo.

La *segunda* etapa estableció un listado de informantes calificados, tales como:

- (i) Investigadores externos al INIA.
- (ii) Investigadores de INIA.
- (iii) Usuarios de la tecnología.
- (iv) Instituciones y organizaciones que conocían el trabajo desempeñado por el instituto.

En total la muestra ascendió a 28 personas, a quienes se realizó entrevistas semi-estructuradas y -en su mayoría- presenciales, con el objetivo de conocer los cambios tecnológicos ocurridos bajo su visión, entre 1997 y el 2012, y la contribución de INIA en estos cambios.

La *tercera* etapa se basó en la búsqueda y posterior sistematización y análisis de la información secundaria y primaria capturada, para la estimación de los impactos económicos generados por el PMG de Trigo⁶.

Para la estimación de los Beneficios Económicos Anuales Netos⁷ (BEAN) de la inversión realizada por INIA en el PMG de Trigo se aplicó el procedimiento establecido por Linder y Jarret (1978). Lo anterior, dada la factibilidad de aplicarlo bajo limitaciones de información (Franco, 1981). La obtención del Beneficio Económico Anual (BEA), se hizo a través de la comparación de una situación con tecnología y una en ausencia de ella o contrafactual (Ávila, F.; Stachetti, G.; Vedovoto, G., 2008), lo que en la práctica intenta valorizar el escenario real con incorporación de variedades INIA al mercado, y simular un escenario hipotético sin la presencia de las variedades INIA.

La estimación matemática del Beneficio Económico Anual se describe en la igualdad aritmética 1, siguiente:

$$BEAN = \left[\frac{1}{2} * k * Q_1 * (P_{CIF} - A) \right] * Atribución * T. \text{ Adopción} - \text{Costo PMG de Trigo INIA (1)}$$

BEAB INIA

6 Cabe señalar que el trigo candeal es un producto con objetivo y mercado diferente al trigo harinero; se hizo el ejercicio de estimación de VAN, TIR y B/C, sin incorporar la producción de éste, sin embargo, los resultados tuvieron variaciones no significativas.

7 Beneficio Económico Anual Neto (BEAN): corresponde al Beneficio Económico Anual Bruto (BEAB) INIA menos el Costo del PMG de Trigo.



Donde,

k : expresa la relación existente entre la Producción (Q_1) con innovación en variedades de trigo, y Producción (Q_0) sin innovación en variedades de trigo.

Luego, k se estima aplicando la igualdad matemática 2, siguiente:

$$k = \frac{(Q_1 - Q_0)}{Q_1} \quad (2)$$

Q_1 : producción total real obtenida cada año evaluado.

P_{CIF} : precio medio anual trigo importado.

A : costo medio total anual de largo plazo.

En la igualdad 2, Q_0 es el escenario contrafactual o sin innovación en variedades de trigo, estimado por la igualdad matemática 3, siguiente:

$$Q_0 = R_r \cdot S_r \quad (3)$$

Donde,

R_r : es el rendimiento interno antes de la innovación

S_r : es la superficie total cultivada

Las fuentes de información secundaria utilizadas para la estimación del BEA y posteriormente para los indicadores de impacto, fueron las siguientes (Cuadro 6):

Cuadro 6: Fuentes de información para estimar BEA, TIR, VAN y B/C del PMG de Trigo de INIA. Período 1997-2012.

Información requerida	Fuentes
Producción	ODEPA, INE y Banco Central
Superficie	ODEPA, INE y Banco Central
Rendimiento	ODEPA, INE y Banco Central
Precios CIF	COTRISA e INIA
Tasa Social de Descuento	Ministerio de Desarrollo Social (2012)
Tasas de adopción	INIA (2010) ⁸
Costo medio total de largo plazo (A)	INIA (2010)
Atribución rendimiento variedades INIA	Estudio UC (Domínguez <i>et al.</i> , 1996)
Información costos investigación	INIA

8 "Evaluación del impacto de los programas de mejoramiento genético: cereales-trigo" (INIA, 2010)



En términos de precios, dado que el país es importador de trigo, a pesar de la adopción en terreno de las nuevas tecnologías, el análisis se realiza con base en un país importador neto y tomador de precios (Yrarrázaval *et al.*, 1979); por lo tanto, el precio CIF es el más indicado (costo alternativo relevante) para evaluar el impacto del PMG de Trigo.

La estimación del rendimiento contrafactual se determinó por medio del crecimiento anual de la producción desde 1935 hasta 1964, es decir, la producción de trigo antes de la creación del INIA⁹, bajo el supuesto que la investigación existente durante ese periodo aún no evidenciaba resultados o impactos en la producción. El crecimiento anual obtenido para ese periodo fue de 1% y el rendimiento promedio, de 12,2 qqm/ha. Con ambas estimaciones se establece la producción anual del escenario contrafactual (Q_0).

La tasa de descuento utilizada se obtuvo desde el Ministerio de Desarrollo Social y corresponde a un 6%. Esto debido a que el PMG de Trigo del INIA es financiado con recursos públicos provenientes de la Subsecretaría de Agricultura. La atribución del impacto del uso de variedades de trigo mejoradas tuvo como fuente el estudio de Domínguez *et al.*, 1996, donde se determina que un 50% del incremento de rendimiento de trigo es atribuible al material genético contenido en las variedades (todas aquellas disponibles en el mercado). La tasa de adopción consideró que un 32% de las siembras de trigo son con variedades INIA (INIA, 2010) (Cuadro 7).

Posteriormente, con el BEAN obtenido se realiza la evaluación de impacto económico del PMG de Trigo por medio de indicadores de rentabilidad, de eficiencia y de generación de riqueza, tales como la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**, **razón Beneficio Costo (B/C)** y el **Valor Actual Neto (VAN)**.

Se consideró la inversión realizada en el PMG en los últimos 15 años (1997 a 2012), debido a tres consideraciones:

- (i) Recomendación de informantes calificados, dado el riesgo de evaluar impacto y sacar conclusiones, sin datos suficientes y confiables.

En INIA existe información sistematizada, integrable y comparable desde el año 2002, sin embargo, sólo se pudo acceder a información reciente (2009-2014), debido a cambios en la codificación del PMG de Trigo en años previos. Con la información obtenida se estimaron los costos de la investigación desde el año 1992 hasta el año 2008, bajo el supuesto que éstos se ajustan a la variación del IPC.

- (ii) Otros estudios y criterios de evaluación de impacto agrícola (Avila, Stachetti, & Vedovoto, 2008) consideran también la construcción de flujos e indicadores TIR y VAN con flujos de información con horizontes de 10 ó 15 años.

- (iii) Se considera un horizonte adecuado, pues este tipo de inversión pública exige

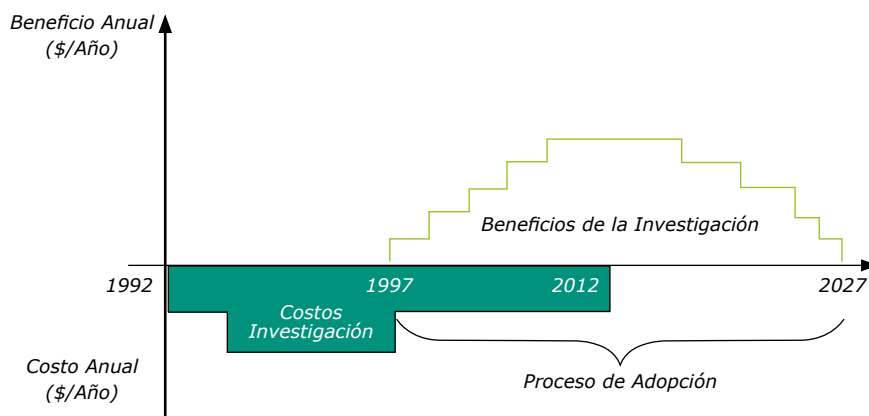
9 INIA fue fundado en el año 1964.





en el medio rural un tiempo de maduración y desfase para impactar (Avila, F.; Salles-Filho, S.; Alonso, J., 2009), es decir, el Impacto del PMG Trigo se hace “efectivo” al cabo de cinco (5) a seis (6) años de una inversión dada en investigación (Figura 1), por un efecto REZAGO generado por los tiempos de transferencia tecnológica, adopción, dinámica de mercados, etc. Por ello, se considera la inversión en I+D desde 1992, para evaluar los efectos a partir de 1997 y por un período de quince (15) años hasta el 2012.

Figura 1: Flujos de beneficios y costos de la inversión en investigación.



Fuente: Elaboración autores con base en Alston, 2000.



5. Resultados

5.1 Impacto económico del PMG Trigo (1997–2012)

En el Cuadro 7 se describe la información utilizada para la aplicación de la metodología antes descrita, la cual se expresa en pesos chilenos del año 2014. Para ello, se realizó la conversión del Precio CIF y el costo medio total a pesos chilenos.

En el Cuadro 7 se destaca la evolución de la superficie sembrada (S), que inicialmente superaba las 380 mil hectáreas, para estabilizarse en las últimas cinco (5) o seis (6) temporadas en torno a las 260 mil hectáreas sembradas a nivel nacional.

Por su parte, la producción total nacional (Q1) no ha decrecido en la misma magnitud de la superficie sembrada; presentando variaciones que responden más al cambio de los rendimientos que a la variación de superficie. En consecuencia, la producción se ha “estabilizado” en los últimos años en torno a los 14 millones de quintales, con excepción de años con condiciones climáticas de sequía. En efecto, el rendimiento promedio nacional (qqm/ha) es creciente, atenuando el efecto de la disminución de superficie sembrada.

El precio relevante considerado –Precio CIF nominal (\$/qqm)– es creciente en el horizonte de evaluación definido, llegando a cifras cercanas a US\$ 40 por quintal métrico. Algo semejante ocurre con el costo total medio, cuyo incremento ha sido evidente durante el período evaluado, llegando a un máximo de US\$ 21 por quintal métrico.

El rendimiento sin innovación tecnológica o contrafactual –datos de series históricas sin PMG–, promedia 19,6 qqm/ha, lo que establece una brecha creciente a medida que el impacto del PMG de Trigo se ha ido manifestando, debido a sus variedades de alto rendimiento, siendo un factor decisivo de impacto.

Paralelamente, el presupuesto en Investigación y Desarrollo (I+D) del PMG Trigo de INIA es, en términos generales, creciente a través de los años, con máximos y mínimos estimados de US\$ 183.000 (1992) y US\$ 710.000 (2012). No obstante, se determinó dos aspectos importantes en la evolución histórica del presupuesto del PMG de Trigo; primero, las tendencias de asignación y crecimiento del presupuesto no guardan relación con indicadores macroeconómicos, como la inflación y consecuente reasignación presupuestaria hacia y al interior del INIA; y segundo, el incremento en dólares está fuertemente influenciado por el aumento del tipo de cambio de los últimos años, es decir, por la apreciación del peso chileno respecto al dólar estadounidense, en el período evaluado.

El BEAN generado por la investigación en el PMG de Trigo de INIA, resultó negativo en algunas temporadas. Este resultado reafirma que la determinación de impacto requiere necesariamente un horizonte de evaluación y análisis de largo plazo. Períodos más largos de evaluación son recomendables, siempre y cuando exista información confiable, comparable y disponible. El rango del BEAN calculado es del orden de 135 millones de pesos anuales a 3.483 millones de pesos anuales.

Cuadro 7: Estimación del Beneficio Económico Anual Neto (BEAN) del PMG de Trigo efectuado por INIA.

Año	S: Superficie sembrada (ha)	Q1: Producción (qqm)	Rendi- miento (qqm/ha)	Precio CIF (\$/qqm)	A: Costo medio total de largo plazo (\$/qqm)	Rr: Rendi- miento sin inves- tigación (qqm/ha)	Q0: Producción sin investigación (qqm)	Beneficio Económico Anual Bruto (BEAB) INIA (\$2014)	Costo PMG de Trigo INIA (\$2014)	Beneficio Económico Anual Neto (BEAN) INIA (\$2014) (1)/(2)
1992/93									135.099.581	-135.099.581
1993/94									158.196.410	-158.196.410
1994/95									144.496.336	-144.496.336
1995/96									149.236.060	-149.236.060
1996/97									141.679.911	-141.679.911
1997/98	383.622	16.820.404	43,8	6.314	5.450	18,2	6.974.361	883.892.020	160.749.773	723.142.247
1998/99	338.583	11.966.256	35,3	6.118	6.122	18,4	6.217.707	-2.613.580	164.780.220	-167.393.800
1999/00	391.580	14.927.099	38,1	6.593	6.921	18,5	7.263.565	-239.727.796	169.469.878	-409.197.674
2000/01	414.000	17.801.565	43,0	6.981	7.329	18,7	7.757.002	-321.012.102	172.286.642	-493.298.744
2001/02	426.100	18.203.869	42,7	9.006	8.755	18,9	8.064.349	225.308.057	171.787.893	53.520.163

Desfase Investigación





Continuación

Cuadro 7: Estimación del Beneficio Económico Anual Neto (BEAN) del PMG de Trigo efectuado por INIA.

2002/03	415.660	17.970.844	43,2	9.616	9.649	19,1	7.946.213	-29.165.035	174.343.616	-203.508.651
2003/04	420.400	19.216.520	45,7	10.959	10.096	19,3	8.117.997	804.620.964	175.585.374	629.035.590
2004/05	419.660	18.519.400	44,1	11.320	9.143	19,5	8.185.552	1.874.292.554	178.376.817	1.695.915.737
2005/06	314.720	14.036.892	44,6	9.769	8.958	19,7	6.200.675	514.525.127	178.304.211	336.220.916
2006/07	231.785	11.045.710	47,7	8.943	9.741	19,9	4.612.795	-401.313.903	174.105.489	-575.419.392
2007/08	270.591	12.378.608	45,7	13.637	9.879	20,1	5.439.468	1.962.310.950	172.824.191	1.789.486.759
2008/09	280.644	11.452.897	40,8	20.208	10.123	20,3	5.698.532	4.015.569.285	164.489.831	3.851.079.454
2009/10	264.304	15.239.213	57,7	13.557	11.137	20,5	5.420.948	2.186.528.967	228.937.663	1.957.591.304
2010/11	271.415	15.758.220	58,1	12.634	10.412	20,7	5.623.019	2.044.801.017	269.477.833	1.775.323.183
2011/12	245.277	12.131.010	49,5	16.603	10.102	20,9	5.132.828	3.995.883.787	302.878.159	3.693.005.629
2012/13	253.627	14.746.625	58,1	15.181	10.368	21,1	5.361.170	3.852.245.296	368.454.387	3.483.790.909

(1) Beneficio Económico Anual Neto (BEAN): corresponde al Beneficio Económico Anual Bruto (BEAB) menos el Costo del PMG de Trigo.

(2) Incluye sólo los Beneficios de las variedades INIA





5.2 Análisis de rentabilidad del PMG Trigo y generación de riqueza 1997-2012

Para la obtención de la rentabilidad del PMG de Trigo se realizó la conversión del precio CIF y el costo medio total a pesos chilenos. Posteriormente se ajustaron los flujos anuales de beneficios y costos según el Índice de Precios al Consumidor (IPC), cuya base de datos e información fue obtenida del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), expresando los resultados en pesos chilenos de 2014.

El indicador de rentabilidad implícita del PMG Trigo o Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanzó un 25,5% (Cuadro 8), retorno ubicado claramente dentro de los rangos de rentabilidad obtenidos en estudios de similar naturaleza realizados en Colombia, Chile, Perú, Canadá y otros países indicados en el Cuadro 9. Por tanto, desde el punto de vista de este indicador, el PMG Trigo es plenamente rentable, apalancando más riqueza para el país que, por ejemplo, los que se apalancarían si los recursos destinados al programa fueran al sistema financiero, cuya rentabilidad anual es de menor magnitud que la TIR calculada.

El indicador de generación de riqueza VAN, cuyos flujos fueron descontados a una tasa de descuento de 6%, alcanza una magnitud de US\$ 10.102.619 (Cuadro 8), es decir, **el PMG de Trigo del INIA logra cubrir todos sus costos operacionales y, además, generó para el país una riqueza superior a diez millones de dólares en el período evaluado**, equivalentes a \$5.758 millones de 2014. Esta nueva riqueza ha ingresado directamente al sector agrícola nacional y a la cadena agroalimentaria del rubro trigo en particular.

Respecto a la razón beneficio-costo el valor obtenido es 2,8¹⁰. Es decir, **por cada dólar invertido en el PMG de Trigo de INIA, la institución retorna a la sociedad 2,8 dólares.**

Cuadro 8: Indicadores de rentabilidad, eficiencia económica y generación de riqueza del PMG de Trigo del INIA 1997-2012.

TIR	25,5%
VAN (6%) (USD\$)	10.102.619
B/C	2,8

Fuente: Elaborado por los autores.

10 Beneficio-Costo: Valor Actual Neto (BEAN)/Valor Actual Neto de los Costos del PMG de Trigo INIA, descontados al 6%.



Cuadro 9: Rentabilidad de la inversión en investigación en trigo en países seleccionados de América Latina y Asia.

País	Período de Análisis	Rango de Retornos	Autores
Argentina	1967-1992	42%	Macagno <i>et al.</i> , 1993
Canadá	1946-1979	30%	Zentner <i>et al.</i> , 1984
Chile	1949-1977	21-28%	Yrarrázaval <i>et al.</i> , 1979
Colombia	1927-1976	11-12%	Hertford <i>et al.</i> , 1977
Israel	1954-1973	125-150%	Kislev <i>et al.</i> , 1978
México	1943-1963	90%	Ardito Barletta, 1970
Nepal	1960-1990	75-84%	Morris <i>et al.</i> , 1992
Pakistán	1960-1981	55-62%	Nagy, 1991
Pakistán	1978-1987	16-27%	Byerlee, 1993
Perú	1981-2000	18-36%	Norton <i>et al.</i> , 1987

Fuente: (Bohn *et al.*, 1993) y (Morris *et al.*, 1994).

5.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza para complementar el análisis de rentabilidad y generación de riqueza calculado, debido a la posibilidad de subestimaciones o sobreestimaciones de los flujos de Beneficio Económico Anual Bruto y del Costo del PMG del Trigo del INIA.

El objetivo de este análisis es determinar cuánto afecta a la TIR y al VAN, la ocurrencia eventual de escenarios más optimistas y más pesimistas que el escenario estándar desarrollado. Típicamente se sensibiliza incrementando un 25% el valor de variables relevantes y, del mismo modo, disminuyendo en 25% el valor de las mismas variables relevantes (Avila, F.; Sain, G.; Salles-Filho, S., 2007) respecto a dichos flujos, considerando todo lo demás constante (superficie, producción, precio CIF, costo medio total de largo plazo, etc.).

En este caso, los escenarios que se evaluaron son los siguientes:

- (1) Escenarios 1 y 2: Incrementos (+25%) y disminución (-25%) en Beneficio Económico Bruto.
- (2) Escenarios 3 y 4: Incrementos (+25%) y disminución (-25%) en el Costo del PMG de Trigo INIA.
- (3) Escenarios 5 y 6: Cambios opuestos (+/-25%) simultáneos en Beneficio Económico Bruto y Costo PMG de Trigo INIA.

Los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 10:





Cuadro 10: Análisis de sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno.

Escenario	Tipo Cambio	Porcentaje de Cambio	TIR
1	Beneficio Económico Neto	+25%	29,2%
2	Beneficio Económico Neto	-25%	21,1%
3	Costo PMG Trigo INIA	+25%	22,1%
4	Costo PMG Trigo INIA	-25%	30,3%
5	Beneficio Económico Neto	+25%	34,4%
Más optimista	Costo PMG Trigo INIA	-25%	
6	Beneficio Económico Neto	-25%	17,9%
Más pesimista	Costo PMG Trigo INIA	+25%	

Fuente: Elaborado por los autores.

Con relación a los resultados del análisis de sensibilidad de la TIR, se puede observar que al adoptar la hipótesis más optimista (+25% de los beneficios y -25% de los costos) se eleva prácticamente nueve (9) puntos respecto al estándar (25,5%), alcanzando un valor de 34,4%. En caso contrario, al adoptar la hipótesis más pesimista (-25% beneficios y +25% de costos) la TIR disminuye a 18%, cifra igualmente interesante y que denota la capacidad del PMG de Trigo de generar aún en escenarios muy adversos, rentabilidades importantes para el país.

En el mismo contexto de análisis, en la generación de riqueza (VAN) siempre los valores son positivos independiente si el escenario es optimista o pesimista, con cifras que en los casos de menor riqueza generada son cercanas a 5 millones de dólares; en cambio se genera un valor por sobre los 13 millones de dólares en el escenario más optimista.

Por tanto, las cifras establecen que el PMG Trigo genera importante riqueza para el país aún en escenarios muy adversos.

Cuadro 11: Análisis de sensibilidad del Valor Actual Neto

Escenario	Tipo Cambio	Porcentaje de Cambio	VAN (US\$)
1	Beneficio Económico Neto	+25%	13.530.126
2	Beneficio Económico Neto	-25%	6.675.111
3	Costo PMG Trigo INIA	+25%	9.200.766
4	Costo PMG Trigo INIA	-25%	11.004.471
5	Beneficio Económico Neto	+25%	14.431.979
Más optimista	Costo PMG Trigo INIA	-25%	
6	Beneficio Económico Neto	-25%	5.773.259
Más pesimista	Costo PMG Trigo INIA	+25%	

Fuente: Elaborado por los autores.



5.4 Entrevistas a informantes calificados

Visión de los investigadores INIA

Los cambios tecnológicos respecto a manejo y producción del trigo considerados como relevantes en el período evaluado, están relacionados con la presencia de nuevas variedades en el mercado. El INIA ha liberado el 50% del total de las variedades comercializadas en Chile, siendo decisivo en el incremento del rendimiento promedio nacional de trigo.

Para los investigadores, el impacto en los productores se focaliza en el aumento en los rendimientos –resultado de las variedades modernas– y el avance en manejo agronómico más eficiente y eficaz.

Respecto a los problemas de adopción, señalan que los grandes productores no tienen o no deberían tener problemas. Sin embargo, en pequeños productores no existe consenso al respecto, aunque se reconocen problemas en la transferencia tecnológica y en el acceso a la semilla.

Las entidades que han contribuido en este cambio tecnológico señalan al INIA, Semillas Baer y Syngenta como relevantes; destacando a INIA como un creador nacional de variedades para diferentes usos industriales y como un importante agente de innovación tecnológica. En relación al rol ejercido por la institución en el rubro, lo definen como trascendental dada la investigación efectuada a nivel nacional, por la liberación de variedades y entrega constante de conocimientos en temas como fertilización, sanidad, manejo de suelo y control de malezas. Además, mencionan la creación de los Grupo de Transferencia Tecnológica (GTT¹¹) como una instancia que contribuyó a mejorar el proceso de transferencia y adopción tecnológica, cuya consecuencia fue el incremento de los rendimientos.

Consideran que la base del éxito en trigo se debe al PMG –el cual es estratégico para INIA, la Subsecretaría de Agricultura y el país–, siendo el eje central del desarrollo tecnológico y del presupuesto del INIA en este rubro. Su continuidad ha permitido mantener una línea y, por tanto, proyección en el tiempo. Además, las variedades son un eslabón importante de transferencia, debido a que vinculan al instituto con el medio.

Algunas materias de preocupación y/o recomendaciones para el Instituto son: mayor planificación estratégica, fortalecer el capital humano vía formación de investigadores de reemplazo, mayor capacidad de respuesta y asistencia en cero labranza y manejo agronómico, renovar la infraestructura de vanguardia, dependencia –en áreas complemen-

11 En la década de los 80, el Ministro de Agricultura Jorge Prado Aránguiz decide vincular al INIA con su entorno, por medio de los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT). Esta experiencia fue señalada como “tal vez la más exitosa en materia de transferencia de tecnología en el país”, por la contribución que hizo a la modernización tecnológica de la agricultura (Faiguenbaum, 2011).





tarias al PMG de Trigo- de postulación a fuentes de financiamiento externa, déficit en la transferencia de conocimientos, priorizar aún más la alta calidad del grano en las nuevas variedades de alto rendimiento y retroalimentarse con evaluadores del resto de los eslabones de la cadena productiva.

Respecto a la visión que tienen los productores del INIA, señalan que es visto como una institución de prestigio, imparcial, creíble y confiable, debido a su trayectoria en la liberación de variedades, con profesionales referentes.

Visión de los investigadores de otras instituciones

El hito tecnológico más relevante es el lanzamiento permanente de nuevas variedades, que han producido importantes incrementos en los rendimientos de los agricultores nacionales, en especial desde los años 90. Incremento que se explica porque en los años 70-80 había mayor número de especialistas en cada Centro Regional de Investigación del INIA que promovía el manejo agronómico del rubro.

Otros aspectos complementarios en el incremento nacional de rendimiento son los aportes financieros del sector privado, la acción de distribuidores de semillas e insumos con crédito a productores, la función estabilizadora de precios de COTRISA, e INDAP con su capacitación a pequeños productores.

De los problemas de adopción, los fundamentales según los investigadores son: el elevado precio de la semilla y los hábitos de producción, con actividades determinadas que generan inmovilismo y reticencia al cambio.

Considerando todas las entidades u organizaciones que han contribuido en este cambio tecnológico, los investigadores distinguen a INIA como una institución clave en el lanzamiento de nuevas variedades comerciales, destacando que casi toda la contribución inicial fue del Instituto. Reconocen también el aporte de Semillas Baer principalmente en la zona sur. Además, estiman que el rol del INIA en la competitividad y seguridad alimentaria asociada al trigo, ha sido relevante y exitoso; viendo en INIA una institución imparcial, sin sesgo político, con un equipo de profesionales orientados también, al bienestar social.

Algunas materias de preocupación y/o recomendaciones para el Instituto son: falta investigar temas de manejo agronómico y las limitantes por sistemas productivos, déficit de tecnologías para secano interior, déficit de difusión, más precisión en política nacional y decisiones estratégicas que permitan orientar y guiar la producción agrícola.

Visión de los productores de las regiones del Biobío y La Araucanía

Los cambios tecnológicos respecto a manejo y producción del trigo considerados como relevantes en el periodo evaluado, son la liberación de variedades, el análisis de suelo y la cero labranza. El beneficio más relevante de adopción de estos cambios tecnológicos es el incremento de rendimientos.

Considerando todas las entidades u organizaciones contribuyentes en este cambio tecnológico, los productores señalan a INIA, Semillas Baer y Syngenta como relevantes. Del



Instituto destacan su participación trascendental en la liberación de nuevas variedades que apuntan a calidad y rendimiento, y el análisis de suelo, dado que fue el Instituto el que transfirió información al agricultor y creó conciencia al respecto. Además, destacan su importancia con relación a que no existe una organización privada en Chile que haga más investigación que la que efectúa el INIA.

Respecto al rol del INIA en la competitividad y seguridad alimentaria del rubro, los productores señalan que es un referente nacional y un aporte al mejoramiento del potencial productivo y la calidad del trigo, destacando, por ejemplo, la publicación anual de cartillas divulgativas con información valiosa, específica, sectorizada y seria.

Las preocupaciones y/o recomendaciones para INIA tienen que ver con realizar más esfuerzos en difusión sobre todo para pequeños productores, renovar capital humano e infraestructura, mejorar servicios adicionales de información meteorológica estratégica, perfeccionar el sistema de venta de semillas mediante empresas de servicios comerciales o distribuidores, a fin de salvaguardar aspectos de credibilidad y cercanía con el Instituto. Además, con el objetivo de dotar de mayor transparencia a la ley de muestra y contra-muestra, se plantea la participación de INIA como entidad reguladora o de fe.

Su visión del INIA es que es una institución confiable, esforzada por innovar, con buenas variedades y actividades destacables, como los días de campo que entregan información primordial para trabajar.

Paralelamente a las entrevistas realizadas con los productores, se entrevistó específicamente a la Asociación de Agricultores de Ñuble -importante referente gremial- quienes tienen una visión más crítica de la actividad realizada por el Instituto, puesto que consideran que INIA se encuentra muy desvinculado del medio, lo que ha incidido en no ser siempre considerado como referente de información. La Asociación plantea que debe preocuparse más por conocer la demanda o necesidades de los productores y ser más activo en la transferencia tecnológica retomando, por ejemplo, actividades realizadas en los años 80-90 con GTT's empresariales. Señalan que es preciso investigar temas relevantes, como manejo de rastrojo y malezas resistentes. No obstante, señalan a INIA como una institución imparcial y confiable en sus opiniones técnicas, que podría entregar información relevante acerca de las variedades no INIA y colaborar como laboratorio de arbitraje en la ley de muestra y contra-muestra.

La Asociación, además, menciona como desafío institucional el reemplazo del capital humano, el establecimiento de un plan estratégico que permita tener una visión de largo plazo y la entrega de financiamiento a la investigación, para evitar la búsqueda de subvención externa.

Visión de la agroindustria alimenticia (Carozzi) - visión candeal

Los cambios tecnológicos destacados son sus variedades, con un aporte fundamental en el incremento en rendimiento, calidad de grano y resistencia a enfermedades. Sin embargo, hay brechas importantes en manejo agronómico, especialmente en control de ma-





lezas. La resistencia a algunas enfermedades va en sintonía con los límites máximos de residuos químicos a que se ve presionada esta industria; teniendo INIA un rol importante en el desarrollo de la agricultura y en el sector triguero.

Los problemas tienen que ver básicamente con adopción tecnológica. Para mejorar aquello se requiere más transferencia moderna, medible, inclusiva, muy enfocada en el perfil de segmentos de agricultores, con visualización de los avances.

Las recomendaciones o énfasis dicen relación con el incremento de investigación en control de malezas resistentes, adaptación al cambio climático y complementar el PMG con un programa de manejo agronómico del cultivo. Adicionalmente, como institución faltaría una hoja de ruta más clara, con hitos significativos y mayor proactividad, para lo cual debieran incorporarse nuevos especialistas.

También se valora que INIA “da confianza” a la agroindustria, con profesionales muy preparados, en contacto con el mercado y responsables. Sin embargo, están preocupados del financiamiento de la investigación vía proyectos por plazos muy acotados, tres (3) años.

Visión de la Comercializadora de Trigo S.A. (COTRISA)

COTRISA considera relevante el rol del INIA en la competitividad del sector y fundamental para el país, dado que su investigación es casi exclusiva en Chile.

La *visión que tiene del INIA* es que hace un esfuerzo importante por captar las necesidades tecnológicas de los agricultores. Además, el PMG de Trigo ha estado bien orientado desde la perspectiva de producción de variedades para distintas zonas agroclimáticas, contribuyendo significativamente al desarrollo del sector, con tecnología y personal calificado.

Para COTRISA el punto central del PMG de Trigo debiera ser la producción de calidad, dado que el contenido de gluten es el principal determinante del precio nacional, aunque todavía esa diferenciación de precio no es suficientemente atractiva como para que los agricultores apuesten por producir trigo de alto valor proteico.

Respecto de los problemas de adopción de nueva tecnología, COTRISA menciona: falta de información, conocimiento y cierta desconfianza. Desconfianza en pequeños productores, porque “ven” la tecnología muy lejana a sus posibilidades, habiendo prejuicios y barreras que derribar al respecto. Fortalecer lazos con INDAP es un camino aún por recorrer.

En términos de preocupaciones y/o recomendaciones, COTRISA señala lo siguiente: INIA debe elaborar un plan estratégico productivo nacional con estímulos al trigo diferenciado en calidad; debe entregar información, opinión y su visión de cómo incrementar la innovación tecnológica del sector, debido a que es visto como no dinámico y no desarrollado; debe fortalecer el sistema de transferencia, pues la investigación no llega fácilmente a medianos y pequeños productores. Dar mayor pertinencia, según segmento de productores, a los paquetes tecnológicos asociados a una variedad, por ejemplo, y especificar aspectos edafoclimáticos para pequeños productores.



Visión de empresas de servicios o distribuidores de semillas INIA

Se reconoce como cambio tecnológico importante –aportado por el PMG de Trigo– la liberación constante de variedades, generando beneficios para el agricultor, como por ejemplo, el incremento del rendimiento. También, de manera indirecta, se ha avanzado en el control de malezas y de enfermedades. No obstante, y aun cuando las *"variedades tanto de candeal como harinero son de calidad técnica de punta"*, los problemas de manejo agronómico subyacentes generan heterogeneidad de la calidad de grano.

Los problemas de adopción se basan principalmente en información técnica insuficiente en pequeños y medianos agricultores, respecto del manejo agronómico de las nuevas variedades. También es difícil adaptar la tecnología a cada predio. El alto precio que tiene la semilla es un problema significativo.

Considerando todas las entidades u organizaciones contribuyentes a estos cambios tecnológicos, señalan a Semillas Baer como una de las empresas que ha competido directamente con INIA en la liberación de variedades, siendo muy exitosa en la zona sur. Sin embargo, no se ha podido proyectar a otras regiones como lo ha hecho INIA. Además, destacan al Instituto como líder en volumen de venta de variedades de trigo, especialmente candeal.

El rol desempeñado por el Instituto en el sector triguero, es descrito como una labor muy seria y fuerte en investigación, efectuando un buen trabajo en la liberación de variedades, las cuales han sido un aporte.

Algunos aspectos que no concitan consenso entre los distribuidores dicen relación con la visión comercial y global del mercado del INIA, la cual ha mejorado. No obstante, existe insuficiencia de transferencia de información hacia pequeños y medianos agricultores y falta un plan estratégico participativo. El desarrollo de la cadena comercial es un tema claro y necesariamente perfectible, señalan.

Visión de la industria molinera

Se señala como cambio tecnológico importante del período evaluado el control de maleza, a través del uso de agroquímicos y la liberación de variedades. Reconoce en la liberación de variedades el aporte de INIA, debido a que entrega variedades con alto potencial de producción de grano y mejor calidad panadera, que aquellas importadas de alto rendimiento.

Esta industria considera que los beneficios de adoptar estas nuevas tecnologías son la obtención de mayores rendimientos, permitiendo a los agricultores mejorar en consecuencia su rentabilidad.

Los problemas en la adopción identificados se relacionan principalmente con el manejo agronómico adecuado a las nuevas variedades en pequeños y medianos agricultores. El sistema de financiamiento vía proyectos genera un retraso del Instituto en las respuestas agronómicas, aunque no es un problema generado por éste.





Con relación a las entidades u organizaciones que han contribuido en estos cambios varietales se menciona a INIA, Semillas Baer y Syngenta. Con relación al rol del INIA, destacan que el Instituto ha logrado generar mayor competitividad por medio del incremento en los rendimientos de grano.

Las preocupaciones y/o recomendaciones se vinculan con: insuficiencia en investigación en manejo agronómico, falta incorporar con mayor prioridad la “calidad industrial del grano” en las variedades, falta una plataforma de “servicio al agricultor”, mayor adecuación en la entrega de información con el calendario agrícola, especialmente al mediano productor.

6. Conclusiones del estudio

- El principal cambio tecnológico señalado durante el periodo 1997-2012 es el desarrollo, liberación y adopción de variedades mejoradas adecuadas para el mercado nacional, destacándose INIA como una de las entidades que ha contribuido en este cambio por medio de su PMG de Trigo. El principal beneficio de la adopción de nuevas variedades es el incremento de rendimiento de grano y de la calidad de éste. Ello, no sólo obedece a la nueva genética, sino también a razones de mejor manejo agronómico del cultivo.
- El principal problema de adopción relacionado con INIA, se refiere a que la información técnica no siempre alcanza una adecuada cobertura y falta difusión, es decir, la transferencia tecnológica a productores es limitada, fundamentalmente en pequeños y medianos productores.
- El rol que ha cumplido en el sector triguero el PMG de Trigo, y el INIA en general, es considerado relevante dada la solidez de sus conocimientos y fundamentos, su acción integral que lo diferencia de sus competidores, junto con su investigación de carácter nacional.
- Las principales recomendaciones de los informantes calificados son: fortalecer la transferencia tecnológica, el manejo agronómico y elaborar un plan estratégico interno que permita tener una hoja de ruta.
- Un impacto indirecto dice relación con que el PMG de Trigo y sus variedades liberadas al mercado son la base para que otras instancias públicas y privadas realicen su propia contribución al beneficio total. Es decir, sin el aporte de las variedades INIA al mercado, muchas iniciativas relacionadas con el cultivo serían, prácticamente, impensables.
- La importancia del trigo en la seguridad alimentaria del país es relevante, por tanto, invertir en un PMG como el desarrollado por INIA, permite contribuir de manera trascendental a este objetivo.



- La rentabilidad implícita del PMG de Trigo de INIA o Tasa Interna de Retorno TIR alcanzó -en el período 1997/2012- un 25,5%; retorno situado en los rangos de rentabilidad alcanzados en estudios internacionales de similar naturaleza, demostrando que la inversión en PMG de Trigo de INIA es claramente rentable para el país y la sociedad.
- El presupuesto (equivalente al costo país de este programa) del PMG de Trigo de INIA, es creciente, con máximos y mínimos estimados de US\$ 183.000 (1992) y US\$ 710.000 (2012).
- La generación de nueva riqueza VAN para el país -1997 a 2012- alcanza US\$ 10.102.619, cubriendo, obviamente, la inversión en I+D en trigo. Por tanto, el PMG de Trigo contribuye fuerte y directamente a generar riqueza en el sector agrícola y en el rubro trigo en particular.
- Con relación a la razón beneficio-costos, el estudio indica que los beneficios obtenidos por el PMG de Trigo logran cubrir plenamente los costos, debido a que por cada dólar invertido en el PMG de Trigo de INIA, el Instituto retorna a la sociedad 2,8 dólares. Por tanto, el PMG de Trigo de INIA es rentable para el país y para el sector triguero en particular.
- El análisis de sensibilidad demuestra que aún con la existencia de escenarios pesimistas, es factible continuar entregando resultados rentables para la sociedad y el país.
- El impacto económico que ha sido determinado, evidencia la importancia estratégica y económica del PMG de Trigo del INIA para la sociedad chilena. Es relevante su permanencia y fortalecimiento, pues de hecho constituye inversión y no gasto. Sin embargo, ello debe ir en armonía, con el aumento de las acciones de investigación y divulgación en manejo agronómico del cultivo.
- En este contexto, se postula que al integrar y robustecer todos estos eslabones, será posible incrementar aún más los resultados obtenidos, vigorizando tanto la seguridad alimentaria del país, como el sector en estudio.
- Por lo tanto, basados en los resultados de los indicadores de evaluación de impacto utilizados (TIR, VAN, B/C) el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIA es económicamente rentable para el sector, la sociedad y el país.





7. Literatura consultada

Agresearch. (____). *Destination: sustainable economic growth for New Zealand*. Statement of corporate intent 2011-2016.

Alston, J., Chan-Kang, C., Marra, M., Pardey, P., & Wyatt, T. (2000). *A Meta-Analysis of rate of return to agricultural R&D: Ex Pede Herculem?* IFPRI.

Avila, F. (2007). *Evaluación de los resultados de los impactos del proyecto BID-MGAP/INIA*. INIA. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología.

Avila, F., & Da Cruz, E. (1996). Manual del software EVALTEC versión 1.0. Programa de informática para la evaluación económica de la tecnología agropecuaria. En F. Avila, & E. Da Cruz. San José, Costa Rica.

Avila, F., Stachetti, G., & Vedovoto, G. (2008). *Avaliacao dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: Metodologia de referencia*. Brasilia, Brasil.

Avila, F.; Sain, G.; Salles-Filho, S. (2007). *Evaluación multidimensional de los impactos de la investigación agropecuaria: una propuesta metodológica*. IICA-FONTAGRO. IICA- FONTAGRO. Recuperado Marzo de 2013, de <http://repiica.iica.int/DOCS/B0517E/B0517E.PDF>

Avila, F.; Salles-Filho, S.; Alonso, J. (2009). *Evaluación de impacto del INCAGRO: proyecto de investigación y extensión*

agrícola (PIEA). Ministerio Agricultura - INCAGRO, Lima.

Baker, J. (2000). *Evaluación del impacto de los proyectos de desarrollo en la pobreza. Manual para profesionales*. Banco Mundial.

Bernal, R., & Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto* (Facultad de Economía, Universidad de los Andes ed.). Bogotá: Uniandes. 336 p.

Bohn et al. (1993). *1992/93 CIMMYT World Wheat Facts and Trends. The Wheat Breeding Industry in Developing Countries: An Analysis of Investments and Impacts*. CIMMYT, Singapore.

Davis, J., Gordon, J., Pearce, D., & Templeton, D. (2008). *Guidelines for assessing the impact of ACIAR's research activities*. Impact assessment series report, ACIAR, Canberra. Recuperado el Abril de 2013, de <http://aciarc.gov.au/files/node/10103/IAS58%20Part%201.pdf>

De la Fuente, M. C. (2012). *Ley de bosque nativo y pequeños propietarios forestales: Metodología para establecer relaciones causales*. Tesis para optar al grado de Magíster en Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile, Economía Agraria.

DIPRES. (2009). *Anexo metodología evaluación de impacto*. Ministerio de



Hacienda, División de control y gestión, Santiago.

Domínguez, J. I., Errázuriz, F., Clark, M., Muchnik, E., Donoso, G., & Francisco, E. (1996). *Estimación del beneficio económico de investigaciones desarrolladas por INIA*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Economía Agraria, Santiago.

Faiguenbaum, S. (2011). *¿Ciencia o política pública? Cuatro décadas de investigación agropecuaria del INIA*. Santiago.

Fedefruta. (18 de Enero de 2011). *Federación de productores de fruta de Chile*. Recuperado el 2 de Enero de 2015, de <http://www.fedefruta.cl/?area=Noticias&id=893>

Franco, I. (1981). *Evaluación ex ante del programa de investigación y transferencia de tecnología en arroz en Chile*. Tesis postgrado, Pontificia Universidad Católica de Chile, Economía Agraria, Santiago.

Fundación Chile. (20 de Junio de 2005). *Una nueva visión para el sector triguero en Chile*. Obtenido de ODEPA: <http://www.odepa.cl/odepaweb/servicios-informacion/publica/VisionTrigo-FunChile.pdf>

Getler, P.; Martínez, S.; Premand, P.; Rawlings, L.; Vermeersch, C. (2011). *La evaluación de impacto en la práctica*. Washigton DC.

Horton *et al.* (2003). Using evaluation to enhance institutional learning and change-Recent experiences with agricultural RD. *Agricultural systems* (78), 127-142.

IICA. (Agosto de 1986). *Proyecto de tecnificación III etapa, control y normalización de insumos y productos agropecuarios*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://repiica.iica.int/DOCS/B0951E/B0951E.PDF>

INIA. (2010). *Evaluación del Impacto de los programas de mejoramiento genético*. Informe sobre metodologías, INIA.

Kerrigan, G. (2005). *Impacto de la tecnología introducida por INIA en la cadena de cítricos y tomates. Estudio realizado entre la IV y VI región de Chile* (IICA-INIA ed.). Santiago, Chile.

Laker-Ojok, R. (1996). The rate of return to agriculture research in Uganda: the case of oilseed and maize. *MSU International development* (42), 14-16.

Maredia, M., Byerlee, D., & Anderson, J. (____). *Ex post evaluation of economic impact of agricultural research programs: a tour of good practice*.

Maters, W. (1996). *The economic impact of agricultural research: A practical guide*. Purdue University, Department of Agricultural Economics.

Mellado, M. (Julio-Septiembre de 1998). *Análisis del cultivo del trigo en Chile durante el siglo veinte*. Recuperado el 23 de diciembre de 2013, de Chilean Journal of Agricultural Research: http://www.chileanjar.cl/files/V58I3A07_es.pdf

Ministerio de Desarrollo Social. (Octubre de 2014). *Costo canasta básica de alimentos octubre 2014*. Recuperado el 3 de Enero de 2015, de Ministerio de Desarrollo Social: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/ipc_pob_descripcion.php



Moguillansky, G. (2006). *Australia y Nueva Zelanda: la innovación como eje de la competitividad*. Serie, CEPAL, División de comercio internacional e integración.

Morris *et al.* (1994). Returns to wheat breeding research in Nepal. *Agricultural Economics* (10), 269-282.

Navarro, H., King, K., Ortégón, E., & Pacheco, J. (Enero de 2006). *Pauta metodológica de evaluación de impacto ex-ante y ex-post de programas sociales de lucha contra la pobreza: aplicación metodológica*. (CEPAL, Ed.) Obtenido de <http://www.cepal.org/es/publicaciones/5489-pauta-metodologica-de-evaluacion-de-impacto-ex-ante-y-ex-post-de-programas>

Pareja, M., Bervejillo, J., Bianco, M., Ruíz, A., & Torres, A. (2011). *Evaluación multidimensional de los impactos económicos, sociales, ambientales e institucionales de 20 años de inversión en*

investigación e innovación agropecuaria por parte del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INA) Uruguay. Resumen ejecutivo, IICA.

Pingali, P. L. (1999). *CIMMYT 1998-99 World Wheat Facts and Trends. Global Wheat Research in a Changing World: Challenges and Achievements*. México, D.F.: CIMMYT. Recuperado el 2 de enero de 2015.

Procasur. (Marzo de 2014). Procasur: cosechando innovaciones, sembrado oportunidades. Recuperado el 2 de Enero de 2015, de <http://www.procasur.org/es/>

Trigo, E., & Cap, E. (2006). *Diez años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura Argentina*.

Yrarrázaval et al. (1979). *Costos y Beneficios sociales de los programas de mejoramiento varietal de trigo y maíz en Chile*. Obtenido de <http://www.economia.puc.cl/docs/049irara.pdf>



SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UNIDAD DE PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN
ÁREA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO