

SISTEMA DE MONITOREO AGROMETEOROLÓGICO (AGRITEMPO): EVALUACIÓN DE SUS IMPACTOS EN LA AGRICULTURA BRASILEÑA

Rodrigues de Alencar, J.R.^{a*}, Romani, L.A.S.^a, Panhan-Merlo, T.^b,
Medeiros-Evangelista, S.R.^a, Franzoni-Otavian, A.^a

^a Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, Brasil). * junia.alencar@embrapa.br;
luciana.romani@embrapa.br; silvio.evangelista@embrapa.br; adriano.otavian@embrapa.br

^b Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas (Campinas, Brasil).
tiago.panhan@gmail.com

RESUMEN: Como la agricultura se ve influenciada por el clima y el tiempo, el conocimiento de estas condiciones es crucial para este sector. Considerando mitigarlos, fue desarrollado en 2002 y puesto en uso en 2003, a través de la web, el Sistema de Monitoreo Agrometeorológico – llamado Agritempo, lo que permite el acceso de información gratuita agrometeorológica de gran interés para la agricultura. Sin embargo, se utilizaron fondos públicos en el desarrollo del sistema y la sociedad tiene necesidad de saber sus retornos. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de esta tecnología en la agricultura. Para los impactos económicos fueron considerados los datos de los costos y beneficios en el período 2002-2014 que se tradujo en una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 38.2%, la Relación Beneficio / Costo de 2.61 y el Valor Actual Neto (VAN) de R\$ 8,663,859.17. También hubo beneficios no monetarios con el uso de Agritempo, tales como la seguridad alimentaria, la creación de capacidades, la capacidad productiva del suelo y el uso de los recursos naturales, la generación e intercambio de nuevos conocimientos, la mejora en la captación de fondos y relaciones político-institucionales, entre otros. Con estos resultados favorables, demuestra la importancia del Sistema y los retornos de los recursos públicos en la investigación agrícola.

PALABRAS CLAVE: boletines agrometeorológicos, evaluación de impacto, cambio climático, agricultura sostenible.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La agricultura es uno de los sectores de la economía más afectados por el clima y las condiciones climáticas, que afectan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de una cultura. Varias instituciones en Brasil tienen estaciones meteorológicas que cubre cierta región del país (Romani, 2012). Motivados por esta descentralización de la información y el problema de la disposición de las estaciones en el país, a partir de 2002, fue desarrollado el Sistema de Monitoreo agrometeorológico (Agritempo), movilizandando la red de colaboración de cerca

de 40 instituciones que involucran el intercambio de datos meteorológicos, la generación de nuevas tecnologías y el suministro de información como los estudios y publicaciones científicas (Bambini, 2011).

El Agritempo fue publicado en 2003 con la intención de ser el primer sistema de monitoreo meteorológico y climatológico capaz de producir y permitir el acceso a través de Internet a la información agrometeorológica, tomando como los principales beneficiarios: los extensionistas, docentes, estudiantes, agricultores, investigadores y los bancos que financian las actividades agrícolas.

La principal innovación del proceso ofrecido por Agritempo refiere a las tareas de automatización, que permitió el uso de Tecnologías de Información y Comunicación. Por lo tanto, con los datos de inserción facilitados, el sistema organiza y administra la colección de más de 1.400 estaciones meteorológicas mecánicas o automáticas (EMBRAPA, 2014).

En el caso del sistema gratuito que proporciona información útil para la producción y la población con el uso de los recursos públicos, es necesario evaluar los impactos en varias dimensiones, derivadas de costos y beneficios para la investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías generadas por la adopción del Agritempo, en el período 2002-2014.

2. METODOLOGÍA

La metodología para la evaluación de impactos debido a Agritempo es de acuerdo con Avila *et al.* (2008). En el caso de los impactos económicos se basa en el método de excedente económico, incluido el aumento de la productividad y reducción de costos. Para el aumento de la productividad se consideraron reducciones del tiempo de generación de mapas *ex ante* a la adopción del Agritempo y la búsqueda de información. Con respecto a la reducción de costos se consideró la disminución de agua de riego y NPK solubles utilizados en la fertilización. Se consideró la distribución de los beneficios a las dos principales instituciones involucradas en el desarrollo y mejora del sistema (Embrapa-60% y Cepagri-40%)¹. Para el cálculo de la depreciación del capital, los gastos de personal, de la investigación, de la gestión y de la transferencia de tecnología se consideraron, y tuvo en cuenta la vida útil de 10 años. Después calculado los costos y los impactos económicos del sistema, se encontraron valores de la TIR, VAN y la relación beneficio / costo, y generó gráfico estableciendo la relación entre los costos y beneficios de la investigación, de acuerdo con Alston *et al.* (1995).

Para los impactos ambientales y sociales fueron utilizados sistemas compuestos por hojas de cálculo, descritos por Rodrigues (2008) que utiliza el Sistema-Ambitec-Social para evaluar los impactos sociales en cuatro áreas: el empleo, los ingresos, la salud y la gestión y administración, y el Sistema Ambitec-Agro para evaluar los impactos ambientales en las siguientes áreas: alcance de la tecnología, eficiencia, conservación y recuperación del medio ambiente. Por el impacto en el conocimiento, la capacitación y político-institucional, se utilizaron los criterios descritos por Avila *et al.* (2008).

¹ Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (60%), Centro de Investigación Meteorológica y Climática Aplicada a la Agricultura y otras instituciones (40%).

3. RESULTADOS

A partir de la metodología descrita, los impactos económicos encontrados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Impactos económicos.

Año	Aumento de Productividad (R\$)	Reducción de Costos (R\$)	Beneficios Económicos Totales (R\$)
2007	2,385,377.48	415,553.19	2,800,930.67
2008	2,476,355.12	674,626.35	3,150,981.47
2009	2,521,603.47	746,798.19	3,268,401.66
2010	2,725,417.38	788,555.61	3,513,972.99
2011	2,569,267.02	896,013.88	3,465,280.90
2012	1,889,345.90	691,936.23	2,581,282.13
2013	2,351,604.15	967,525.52	3,319,129.67
2014	2,736,675.02	989,410.17	3,726,085.19

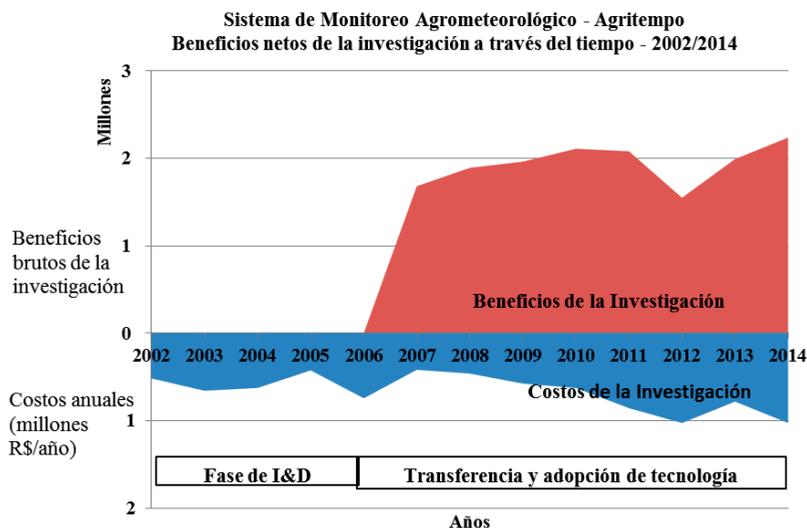
Aunque Agritempo ser un sistema en constante evolución, se determinó que la falta de cambio o creación de nuevas características, puede haber causado disminución de beneficio económico en el período de 2010 a 2012, un escenario que está cambiando con la nueva versión hecho en 2014. La Tabla 2 presenta los costos de generación, mantenimiento y transferencia de tecnología del Agritempo, en el período de 2002-2014.

Tabla 2. Costos - Agritempo.

Año	Costo de personal (R\$ 1,00)	Costo de investigación (R\$ 1,00)	Depreciación del capital (R\$ 1,00)	Costos de administración (R\$ 1,00)	Costos de transferencia tecnológica (R\$ 1,00)	Total (R\$ 1,00)
2002	329,836.80	90,140.10	46,962.18	49,475.52	169.42	516,584.02
2003	388,987.20	150,233.50	59,773.82	58,348.08	169.42	657,512.02
2004	441,412.80	60,093.40	56,818.94	66,211.92	471.26	625,008.32
2005	329,536.32	0.00	38,552.57	49,430.45	6,558.92	424,078.26
2006	214,103.04	424,189.50	67,552.27	32,115.46	4,814.71	742,744.98
2007	226,200.00	116,762.00	38,014.14	33,930.00	3,249.43	418,155.57
2008	193,907.52	192,513.81	41,901.35	29,086.13	3,506.08	460,914.90
2009	220,442.88	263,376.34	52,279.55	33,066.43	5,909.80	575,075.00
2010	276,227.52	247,576.41	56,878.51	41,434.13	3,547.00	625,663.56
2011	406,610.40	305,000.00	77,822.91	60,991.56	5,627.12	856,051.99
2012	401,834.88	468,009.47	93,251.96	60,275.23	2,400.00	1,025,771.54
2013	609,715.68	0.00	71,010.35	91,457.35	8,930.42	781,113.80
2014	718,584.48	90,500.00	93,258.97	107,787.67	15,717.50	1,025,848.62

A partir de la medición de los beneficios y costos, se encontró la TIR del 38.2%, la relación beneficio / costo de 2.61 y el VAN de R\$ 8,663,859.17. Además, generó la Figura 1 que demuestra la relación beneficio / costo de la adopción del Agritempo.

Figura 1. Relación beneficio/costo de la investigación - Agritempo.



Fuente: Elaboración propia con base en Alston et al. (1995).

Para los impactos sociales, valores de los coeficientes se muestran en la Tabla 3. El indicador más importante fue la seguridad alimentaria.

Tabla 3. Impactos Sociales.

Indicadores	Se aplica (Sí/No)	Promedio Tipo 1 (*)	Promedio Tipo 2 (**)	Promedio Tipo 3 (**)
Capacitación	sí	7.93	5.0	6.76
Oportunidad de empleo local calificado	sí	2.07	5.6	3.48
Puestos de trabajo y condición del trabajador	sí	2.43	5.5	3.66
Calidad del empleo	sí	0.67	0.5	0.60
Generación de ingresos de la propiedad	sí	2.50	4.40	3.26
Diversidad de fuente de ingresos	sí	1.83	2.50	2.10
Valor de la propiedad	sí	6.93	2.90	5.32
Salud ambiental y personal	sí	1.73	0.30	1.16
Salud y seguridad ocupacional	sí	3.33	1.60	2.64
Seguridad alimentaria	sí	14.20	8.00	11.72
Dedicación y perfil del responsable	sí	1.77	0.50	1.26
Condiciones de comercialización	sí	2.30	1.80	2.10
Reciclaje de residuos	sí	2.67	0.00	1.60
Relaciones institucionales	sí	3.33	1.65	2.66
Impacto social general	sí	3.55	2.23	3.02

Los coeficientes para los impactos ambientales se muestran en la Tabla 4. El indicador uso de recursos naturales fue el más importante.

Tabla 4. Impactos ambientales.

Indicadores	Se aplica (Sí/No)	Promedio Tipo 1 (*)	Promedio Tipo 2 (**)	Promedio Tipo 3 (***)
Uso de agrotóxicos / productos químicos y o materiales	Sí	5.00	1.25	3.50
Uso de energía	Sí	0.27	0.00	0.16
Uso de recursos naturales	Sí	8.17	8.00	8.10
Atmósfera	Sí	1.23	3.20	2.02
Capacidad productiva de los suelos	Sí	10.00	5.00	8.00
Agua	Sí	1.50	2.50	1.90
Biodiversidad	Sí	3.73	0.00	2.24
Restauración ambiental	Sí	3.67	-2.50	1.20
Impacto ambiental global	Sí	4.19	2.18	3.39

Los coeficientes de los impactos sobre el conocimiento, la capacitación y la político e institucional se presentan en las Tablas 5, 6 y 7, respectivamente.

Tabla 5. Impactos en el conocimiento.

Indicadores	Se aplica (Sí/No)	Entrevistados					Promedio
		1	2	3	4	5	
Nivel de la generación de nuevos conocimientos	Sí	1	3	1	3	3	2.20
Grado de innovación de nuevas técnicas y métodos generados	Sí	1	1	1	1	3	1.40
Nivel de intercambio de conocimiento	Sí	3	1	1	3	3	2.20
Diversidad de conocimiento aprendido	Sí	1	1	1	3	3	1.80
Protegidas por patentes	No	0	0	0	0	0	0.00
Artículos técnicos-científicos publicados en periódicos indexadas	Sí	0	1	1	3	3	1.60
Tesis desarrolladas a partir de la tecnología	Sí	0	1	1	3	3	1.60

Tabla 6. Impactos sobre la capacitación.

Indicadores	Se aplica (Sí/No)	Entrevistados					Promedio
		1	2	3	4	5	
Capacidad de relacionarse con el ambiente externo	Sí	3	1	1	1	3	1.80
Capacidad para formar redes y asociaciones	Sí	3	0	1	3	3	2.00
Capacidad de compartir equipamientos e instalaciones	Sí	1	1	1	3	3	1.80
Capacidad para socializar el conocimiento generado	Sí	3	1	3	1	1	1.80
Capacidad para intercambiar información y datos codificados	Sí	1	1	3	1	3	1.80
Capacitación del personal técnico	Sí	1	1	3	3	3	2.20
Capacitación del personal externo	Sí	0	1	3	3	3	2.00

Tabla 7. Impacto político e institucional.

Indicadores	Se aplica (Sí/No)	Entrevistados					Promedio
		1	2	3	4	5	
Cambios organizativos y en el marco institucional	Sí	1	1	3	1	0	1.20
Cambios en la orientación de las políticas públicas	Sí	3	1	3	1	3	2.20
Relaciones de cooperación público-privadas	Sí	1	1	3	3	3	2.20
Mejora de la imagen de la institución	Sí	3	1	1	3	3	2.20
Capacidad de recaudar fondos	Sí	3	1	3	3	3	2.60
Multifuncionalidad e interdisciplinariedad de los equipos	Sí	1	1	1	3	3	1.80
Adopción de nuevos métodos de gestión y calidad	Sí	1	1	3	3	1	1.80

En cuanto al impacto en el conocimiento tanto el indicador del nivel de la generación de nuevos conocimientos como el nivel de intercambio de conocimientos eran los más relevantes. Ya sobre el impacto de la capacitación el indicador más relevante fue de la formación del personal técnico. Por otro lado, el impacto en la política e institucional fue el indicador de la capacidad de recaudación de fondos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio indican la importancia de la inversión pública en ciencia y tecnología que muestra rendimientos económicos positivos para la sociedad, con la reducción de los riesgos causados por los cambios climáticos y meteorológicos en el sector agrícola. El uso del sistema presenta externalidades favorables de los impactos social, ambiental, político e institucional, capacitación y avance del conocimiento, haciendo que el país tenga ventajas comparativa y competitiva. Mediante el análisis de los costos y los ingresos derivados del desarrollo del Sistema de Monitoreo Agrometeorológico (Agritempo) en el período 2002-2014, sus impactos económicos se muestran por el análisis de la rentabilidad causada por la adopción de la tecnología, donde obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 38.2%, añadiendo con una Relación Beneficio / Costo de 2.61 y Valor Actual Neto (VAN) de R\$ 8,663,859.17, utilizando una Tasa de Descuento del 6% anual. También se calcularon los beneficios no monetarios debido a la utilización del Agritempo por tener similar importancia a los monetarios, teniendo en cuenta la sostenibilidad del emprendimiento en el mediano y largo plazo. Para los impactos sociales, el indicador de mayor interés, por el uso del sistema, fue la seguridad alimentaria. En cuanto a los impactos ambientales, el indicador que se destacó fue el uso de los recursos naturales, ya que el sistema puede reducir los efectos degradantes tanto del suelo y de la atmósfera. Con respecto a los impactos sobre la formación y el conocimiento, los indicadores que más demuestran los vínculos con el Agritempo se relacionan con la generación e intercambio de nuevos conocimientos y la capacitación de los equipos técnicos. En cuanto al indicador de política e institucional, la más importante fue la nueva capacidad de recaudación de fondos, lo que permite la expansión de nuevas asociaciones, contribuyendo para las políticas públicas.

5. BIBLIOGRAFIA

- Alston, J.M., Norton, G.W., Pardey, P.G. (1995). *Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Othaca: Cornell University Press. 585p.
- Avila, A.F.D., Rodrigues, G.R., Vedovoto, G.L. (2008). *Avaliação dos Impactos de tecnologias da Embrapa: Metodologia de Referência*. Embrapa. Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasília, 2008. 189 p.
- Bambini, M.D. (2011). *Inovação Tecnológica e organizacional em agrometeorologia: estudo da dinâmica da rede mobilizada pelo sistema Agritempo. Dissertação (mestrado)*, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 217p. Campinas, 2011.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2014). *Aperfeiçoamento e evolução do Sistema Agritempo*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/203925/aperfeiçoamento-e-evolucao-do-sistema-agritempo>. Acesso em 20 de Janeiro de 2015.
- Rodrigues, G.S. (2008). *Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas agropecuárias*. In: Avila, A.F.D., Rodrigues, G.R., Vedovoto, G.L. *Avaliação dos Impactos de tecnologias da Embrapa: Metodologia de Referência*. Embrapa. Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasília, 189 p.
- Romani, L.A.S. (2012). *Agritempo – Aperfeiçoamento e Evolução*. Embrapa Informática Agropecuária e Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – Cepagri, 2012. 24 slides.

