



La Granja. Revista de Ciencias de la Vida
ISSN: 1390-3799
ISSN: 1390-8596
sserranov@ups.edu.ec
Universidad Politécnica Salesiana
Ecuador

Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador

Sánchez, Víctor Hugo; Zambrano Mendoza, José Luis

Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 30, núm. 2, 2019

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476060341003>

DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>

2019.Universidad Politécnica Salesiana

2019.Universidad Politécnica Salesiana




Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador

Adoption and impact of agricultural technologies developed in Ecuador


Víctor Hugo Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0001-6904-1183>

José Luis Zambrano Mendoza jose.zambrano@iniap.gob.ec

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0001-7206-1863>

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida,
vol. 30, núm. 2, 2019

Universidad Politécnica Salesiana,
Ecuador

Recepción: 19 Octubre 2018
Aprobación: 09 Julio 2019
Publicación: 01 Septiembre 2019

DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476060341003>

Resumen: El conocimiento de los efectos que tienen las tecnologías en la sociedad es el instrumento esencial para motivar el desarrollo de la investigación, ya que brinda insumos a los tomadores de decisiones y generadores de políticas que permiten proyectar el impacto de futuras inversiones. En Ecuador, el principal centro público encargado de la investigación y desarrollo de tecnologías en el sector agropecuario es el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que desarrolla material genético, alternativas de manejo para incrementar y agregar valor a la producción, alternativas para el manejo del suelo y agua y la conservación de los recursos genéticos. Con el objetivo de estimar la adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias que se generan en el país, se analizaron 37 estudios de adopción, impacto y rentabilidad económica de tecnologías generadas por el INIAP, publicados en el período 2007-2017. La tasa de adopción promedio a nivel nacional de las variedades desarrolladas por el INIAP fue del 37%, con una tasa interna de retorno promedio del 33%. Los impactos fueron positivos a nivel económico, ambiental y productivo para los agricultores que adoptaron las tecnologías. Estos resultados sirven de apoyo a los políticos y tomadores de decisiones en el país para el direccionamiento y planificación estratégica de la investigación, que permitan el desarrollo de una agricultura sostenible y de referencia para la región.

Palabras clave: Agricultura sustentable, economía agrícola, innovación, política agropecuaria.

Abstract: Knowing the effects that technologies have on society is the essential input to motivate the development of science, since it provides inputs to policy makers to project the impact of future investments. In Ecuador, the main public center in charge of research and development of technologies in the agricultural sector is the National Institute of Agricultural Research (INIAP), which develops genetic material (seeds) and crop management recommendations to increase and add value to farmer's production, alternatives for the soil and water management and the conservation of genetic resources. In order to estimate the adoption and impact of agricultural technologies generated in the country, 37 studies of adoption, impact and economic profitability of technologies generated by the INIAP were analyzed. These studies were published in the period 2007-2017. The average adoption rate of the varieties developed by INIAP at the national level was 37%, with an average internal rate of return of 33%. The overall impacts of agricultural technologies developed in Ecuador were positive at an economic, environmental and productive level for the farmers who adopted these technologies. These results support the politicians and decision makers in the country for the direction and strategic planning of the research to invest more in science and technology, which will allow the development of a sustainable agriculture for Ecuador and the region.

Keywords: Sustainable agriculture, agricultural economy, innovation, agricultural policy.

Forma sugerida de citar:

Sánchez, V.H. y Zambrano M., J.L. (2019). Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol.30(2):28-39. <http://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.03>.

1. Introducción

La evaluación de los efectos de las tecnologías generadas es crucial para las instituciones dedicadas a la Investigación y Desarrollo (I+D), ya que les permite demostrar la efectividad de los productos desarrollados y justificar las inversiones realizadas (Feinstein, 2012). Sobre todo, porque la generación tecnológica, en especial la que emplea una proporción de fondos públicos, tiene un alto costo de oportunidad en los países menos desarrollados. Es decir, el financiamiento de los gobiernos para ciencia y tecnología es limitado porque debe atender a otras prioridades de tipo social (López, Salazar y De Salvo, 2017; Rivas et al., 1992). Esta última afirmación explicaría la baja inversión en I+D realizada en el Ecuador, que para el 2014 representó el 0,44% del Producto Interno Bruto; y para el sector agropecuario en particular menos del 0,03% del Producto Interno Bruto (SENESCYT e INEC, n.d.).

En el sector agropecuario ecuatoriano, los esfuerzos realizados por las organizaciones de investigación se han enfocado principalmente en alcanzar la mayor productividad de los cultivos. Por ende, mucha de la oferta tecnológica se ha basado en la provisión de material genético (semilla) y recomendaciones de prácticas de cultivo. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el principal centro de investigación del Ecuador, representando el 73% de los investigadores agropecuarios dedicados a investigar a tiempo completo en el país, seguido por las entidades de educación superior (universidades) e instituciones privadas o centros de investigación sin fines de lucro, con el 14% y 13% de los investigadores a tiempo completo en el país, respectivamente (Stads et al., 2016).

El INIAP ha desarrollado material genético vegetal mejorado en características de rendimiento, resistencia a plagas y otros factores ambientales. También ha liberado tecnologías para el manejo de los cultivos, como: buenas prácticas para el uso de los insumos, recursos naturales, rotación de cultivos y manejo integrado de plagas. Durante el período 2007 a 2013, el INIAP liberó 38 variedades mejoradas y alrededor de 198 alternativas tecnológicas en rubros como: fréjol, maíz, papa, cacao, arroz, trigo, entre otros (Stads et al., 2016).

El efecto o impacto de varias de esas tecnologías liberadas por el INIAP han sido evaluadas y publicadas de manera dispersa en el marco de varios proyectos de investigación de varias instituciones (Barrera et al., 2017, Clements et al., 2016, Barrowclough et al., 2016). En consecuencia, es necesario consolidar y cuantificar el impacto de las tecnologías, de tal manera que sirva como herramienta a políticos y tomadores de decisiones

para el análisis y el direccionamiento estratégico de la investigación para el desarrollo tecnológico agropecuario del país. Esta revisión tiene el propósito de sintetizar y analizar los resultados obtenidos en esos estudios, para brindar un mayor conocimiento sobre los beneficios de las tecnologías desarrolladas en Ecuador con los recursos públicos, tomando como referencia los resultados alcanzados por el principal centro de investigación del país.

2. Materiales y Métodos

Para estimar el impacto de la inversión pública en investigación y desarrollo tecnológico de los resultados generados por el INIAP, se revisó la información disponible sobre estudios de adopción e impacto en Google Académico y en el repositorio bibliográfico de esa Institución (<http://repositorio.iniap.gob.ec>), que dispone de 4660 documentos a la fecha. La búsqueda se enfocó en publicaciones realizadas en: artículos científicos, publicaciones técnicas, tesis de postgrado y tesis de pregrado, publicadas desde el 2007 hasta el 2017.

Para facilitar el análisis, la información disponible se agrupó según tres criterios: i) estudios de rentabilidad de la investigación (indicador: Tasa Interna de Retorno - TIR); ii) estudios de adopción tecnológica, ya sea de material genético mejorado o prácticas de manejo agronómico (indicador: porcentaje de adopción de tecnología); y, iii) estudios de impacto (indicadores productivos, de conservación de recursos naturales e indicadores sociales). Una vez identificados los indicadores, se los sistematizó en tablas y se utilizaron estadísticas descriptivas (mínimo, máximo, promedio y mediana) para analizar y discutir la información.

3. Resultados

3.1. Rentabilidad de la I+D

La investigación bibliográfica realizada identificó 12 estudios que evaluaron la rentabilidad de las tecnologías generadas por el INIAP. Estos estudios utilizaron, en su mayoría, el método del excedente económico (Mendoza et al., 2010; Racines, Mendoza y Yáñez, 2011) y en ciertos casos se combinaron con métodos descriptivos (Guayasamín, 2015; Reyes, 2012). Nueve de estos estudios se realizaron a nivel nacional en los temas de: arroz (Mendoza et al, 2010), cacao (Sotomayor, 2011), cebada (Suquillo, 2014), limón (Salgado, 2013), maíz duro (Racines, Mendoza y Yáñez, 2011), palma africana (Córdova, 2013), papa (Mora, 2012), soya (Álava, 2014) y yuca (Molina, 2014); y los restantes en zonas geográficas específicas: fréjol evaluado en la sierra norte (Reyes, 2012); naranjilla realizado en las provincias de Napo, Pichincha y Tungurahua (Guayasamín, 2015); y, piñón (*Jatropha*) realizado en la provincia de Manabí (Rade-Loor et al., 2017).

El promedio del TIR para los 12 estudios realizados fue del 33 %, mientras que la mediana fue de 32 % (Tabla 1). El desarrollo de tecnologías para soya y arroz reportan las mejores tasas de retorno con 68 % y 52 %, respectivamente. El valor más bajo corresponde al estudio realizado en la Cebada con un TIR de 0%, resultado aducido a que este cultivo se lo destina básicamente para el autoconsumo y, por tanto, no generara excedentes para la comercialización (Suquillo, 2014).

| Tema de estudio | Período de estudio (años) | Tasa Interna de retorno (%) | Referencia |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Arroz | 2000-2008 | 52 | (Mendoza, Racines y Chávez, 2010) |
| Cacao | 2000-2010 | 28 | (Sotomayor, 2011) |
| Cebada | 2000-2012 | 0 | (Suquillo, 2014) |
| Fréjol | 1991-2010 | 35 | (Reyes, 2012) |
| Limón | 2000-2012 | 13 | (Salgado, 2013) |
| Maíz duro | 2009-2010 | 42 | (Racines, Mendoza y Yáñez, 2011) |
| Naranjilla | 2004-2021* | 43 | (Guayasamín, 2015) |
| Palma Africana | 2000-2011 | 46 | (Córdova, 2013) |
| Papa | 2000-2010 | 27 | (Mora, 2012) |
| Piñón | 2015 | 17 | (Rade y col., 2017) |
| Soya | 2000-2012 | 68 | (Álava, 2014) |
| Yuca | 2000-2012 | 21 | (Molina Loor, 2014) |
| Promedio | | 33 | |

*Análisis ex ante.

Tabla 1.
Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión realizada
en 12 rubros de Investigación y Desarrollo del INIAP

3.2. Adopción de las tecnologías

En la Tabla 2 se observan los porcentajes de adopción de las tecnologías generadas por el INIAP obtenidos en 30 estudios encontrados en las bases de datos analizadas. En promedio, el material genético y el resto de las tecnologías o prácticas de manejo desarrolladas por el INIAP han sido adoptadas en un 37%. El material genético, o la semilla, desarrollada por INIAP tuvo un porcentaje de adopción promedio de 38%, mientras que las tecnologías de manejo del cultivo tuvieron una adopción de 35%. Las medianas fueron de 33% y 38% para genética y prácticas de manejo, respectivamente.

Arroz y papa son los cultivos con más estudios de adopción (Tabla 2). El rubro con mayor porcentaje de adopción a nivel nacional fue el arroz (Moreno y Salvador, 2014; Monteros y Salvador, 2015) y el de menor adopción fue la cebada (Suquillo, 2014). El nivel de adopción de las tecnologías desarrolladas por INIAP es muy variable, desde 0% en el caso de prácticas de manejo para el cultivo de maíz duro en las provincias de Los Ríos y Guayas (Chicaiza, 2010), hasta 90% de adopción de semilla de arroz en la provincia del Guayas (Mendoza, Racines y Espín, 2011). Las razones de esta gran variación fueron diversas. En el caso de Mauceri et al. (2007), las tasas de adopción de prácticas tecnológicas estuvieron en relación a la relación de los agricultores con extensionistas: i) participantes en escuelas de campo: 23,3% a 83,3%, con un promedio de 56,5%; ii) productores que tuvieron contacto con participantes en escuelas de campo: 3,6% a 85,7%, con promedio de 41,4%; y, iii) productores que no tuvieron contacto con participantes en escuelas de campo: 2% a 52,9%, con un promedio de 21,9%. En el caso de prácticas tecnológicas

de conservación de recursos naturales desarrolladas para la región alto andina, la tasa de adopción dependió de la localidad y el tipo de tecnología (Barrera et al., 2012). En ese estudio, las tecnologías más adoptadas fueron: rotación de cultivos (localidad 1: 59,41% y localidad 2: 92,5%), barreras vivas (localidad 1: 24,69% y localidad 2: 63,75%) y reducción de labranza (26,36% y 76,25%). Carrión et al. (2015) también encontró diferencias en la adopción de prácticas tecnológicas en la zona andina del Ecuador, con un rango de 5,5 a 68,1%. Las tecnologías más adoptadas fueron: rotación de pesticidas de baja toxicidad (68,1%), rotación de cultivos (68,1%) y manejo de los residuos vegetales en el cultivo (37,1%). En ese mismo estudio se mostró que los factores determinantes para la adopción de las tecnologías fueron: la educación, la salud y el método de capacitación. Otros autores también reportaron diversos niveles de adopción en función del tipo de tecnología en evaluación, que dependerá mucho del rubro estudiado (Sowel et al., 2012; Fernández y Mendoza, 2011; Cedeño, 2013; Bazurto, 2014).

| Tema de estudio | Cobertura del estudio | Tasa de adopción de tecnología | Referencia |
|------------------------------------|--|--|---|
| Arroz | Nacional | Genética: 74 % Prácticas de Manejo: 11 % a 89 % Promedio: 41 % Genética: 90 % | (Mendoza, Racines y Chávez, 2010) |
| Arroz | Guayas | | (Mendoza, Racines y Espín, 2011) |
| Arroz | Nacional | Genética: 45 % | (Moreno, 2014) |
| Arroz | Nacional | Genética: 70 % | (Moreno, 2014) |
| Arroz | Nacional | Genética: 50 % | (Moreno, 2015) |
| Arroz | Nacional | Genética: 70 % | (Monteros y Salvador, 2015) |
| Arroz | Nacional | Genética: 45 % | (Castro, 2016c) |
| Arroz | Nacional | Genética: 50 % | (Castro, 2016a) |
| Arroz | Nacional | Genética: 23 % | (Castro, 2016b) |
| Cacao | Nacional | Genética: 10 % | (Sotomayor, 2011) |
| Cacao | Manabí | Práctica de Manejo: 1 a 100 % Promedio: 36 % Genética: 6 a 7 % | (Fernández Pérez y Mendoza Coronel, 2011) |
| Cebada | Nacional | Genética: 1 % | (Suquillo, 2014) |
| Conservación de recursos naturales | Bolívar | Prácticas de Manejo: 7 a 68 % Promedio: 31 % | (Barrowclough y Domínguez, 2016) |
| Fréjol | Carchi Imbabura | Genética: 50 % | (Reyes, 2012) |
| Ganadería Bovina | Manabí Guayas Los Ríos | Práctica de Manejo: 36 % Genética: 27 % | (Bazurto, 2014) |
| Limón sutil | Nacional | Genética: 40 % | (Salgado, 2013) |
| Maíz duro | Los Ríos Guayas | Prácticas de Manejo: 0 % Genética: 63 % | (Chicaiza, 2010) |
| Maíz duro | Nacional | Genética: 23 % | (Racines, Mendoza y Yáñez, 2011) |
| Maíz duro | Nacional | Genética: 3 % | (Lusero-Sumba, 2014) |
| Naranja | Pichincha Napo Morona Santiago Pastaza | Práctica de Manejo: 11 a 100 % Promedio: 43 % | (Sowell y Shively, 2012) |
| Palma Africana | Nacional | Genética: 33 % | (Córdova, 2013) |
| Papa | Carchi | Prácticas de Manejo: 40 % | (Mauceri y col., 2007) |
| Papa | Nacional | Genética: 33 % | (Mora, 2012) |
| Papa | Carchi | Prácticas de Manejo al año 2012: 6 a 68 % Promedio: 28 % | (Carrión Yaguana y col., 2015) |
| Plátano | Manabí Santo Domingo | Práctica de Manejo: 19 a 61 % Promedio: 39 % | (Cedeño, 2013) |
| Quinoa y chocho | Cañar Chimborazo Cotopaxi | Genética: 23 % | (Mazón y col., 2016) |
| Recursos naturales | Bolívar | Prácticas de Manejo: 57 % | (Barrera y col., 2012) |
| Soya | Nacional | Genética: 3 % | (Alava, 2014) |
| Yuca | Nacional | Genética: 22 % | (Molina Loor, 2014) |
| Yuca | Manabí | Genética: 85 % | (Nevárez, 2011) |
| Promedio | | Prácticas de Manejo: 35 % Genética: 38 % | |

Tabla 2.
Estudios de adopción de tecnologías desarrolladas por el INIAP

3.3. Evaluación de impacto

Diez estudios de evaluación de impacto de las tecnologías desarrolladas por INIAP se han publicado entre el 2007 y 2017 (Tabla 3). Las evaluaciones de impacto han sido en su mayoría ex post, mediante métodos econométricos cuasi-experimentales que consistieron, de manera general, en determinar lo que habría pasado con los beneficiarios de un proyecto, si el proyecto no hubiera existido (Khandker, Koolwal y Samad, 2010).

Los estudios han sido realizados, en su mayoría, en los rubros naranjilla y papa. Para el caso de la naranjilla se evaluó el impacto de las plantas injertadas, mientras que para el cultivo de la papa se estudiaron programas de capacitación y las prácticas de conservación. Los resultados de las evaluaciones muestran efectos positivos en variables económicas, de producción (rendimiento) y ambientales (Tabla 3). En las económicas, por ejemplo, el uso de tecnologías para el manejo integrado de plagas en el cultivo de papa aumentó el ingreso de los agricultores de 250 a 560 dólares por hectárea (Mauceri et al., 2007). El manejo integrado de los recursos naturales en la región alto andina del Ecuador con tecnología del INIAP aumentó del 65% al 81% los ingresos netos de los agricultores. El manejo y la aplicación adecuada de pesticidas incrementaron el beneficio en el cultivo de papa en un 50%, mientras que el uso de la Naranjilla injertada incrementó el beneficio económico entre el 40% y 60% (Sowell y Shively, 2012).

Las tecnologías de conservación evaluadas por el INIAP incrementaron la producción de leche en 122% (Barrera et al., 2012), y en el cultivo de papa se incrementó la producción en 1,9 toneladas por hectárea (Cavatassi et al., 2011).

En términos ambientales, según sus autores, el desarrollo de la variedad de naranjilla INIAP quitoense liberada en el 2009 permitirá evitar la deforestación de 17300 hectáreas en 20 años (Clements et al., 2016); esta variedad de alto rendimiento permite aumentar la producción sin afectar la frontera agrícola. En el cultivo de haba, las tecnologías de labranza de conservación aumentaron la producción en un 10%. La incorporación de forraje verde (avena) al suelo incrementó el 20% de la producción de cebada, y el 40% de fréjol (Nguema et al., 2013).

El impacto de la modernización de tecnologías en el cultivo de la mora sobre el precio del mercado de esa fruta también ha sido motivo de estudio (Barrera et al., 2017). Los resultados indican la importancia de implementar altos estándares de calidad durante el proceso productivo. Una sola actividad adicional de modernización durante la producción -como por ejemplo: la cosecha en recipientes listos para la comercialización, el uso de variedades mejoradas, entre otras- incrementa el precio en un 34%. Una comercialización sofisticada -certificaciones orgánicas, asociatividad, conocimiento específico del comprador, entre otras-, y la modernización en ventas -el colocado del producto en mercados apropiados, venta a compradores con mejores

precios, entre otras- también incrementan el precio en el 19% y 27%, respectivamente.

| Tema de estudio | Periodo de estudio | Cobertura del estudio | Indicadores de Impacto Económico y Ambiental | Referencia |
|---|--------------------|---|--|----------------------------------|
| Papa | 1998-2003 | Carchi | *E: Uso del Manejo Integrado de Plagas aumentó el ingreso en 310 dólares por hectárea. | (Mauceri y col., 2007) |
| Naranjilla | 2004-2013 | Nacional | A: 17300 ha de deforestación evitada por la adopción de INIAP Quitoense. | (Clements y col., 2016) |
| Manejo y conservación de recursos naturales | 2006-2010 | Bolívar | E: Aumento del 65 % a 81 % en los ingresos netos. El manejo adecuado de pesticidas en papa incrementó el beneficio en 50%. P: Uso de mejores forrajes incrementó la producción de leche en 122 %. | (Barrera y col., 2012) |
| Papa | 2007 | Tungurahua Chimborazo | P: Aumento en producción de papa en 1,9 t/ha. | (Cavatassi y col., 2011) |
| Papa | 2009-2012 | Carchi | E: Disminución en el gasto por uso de pesticidas en 60%. | (Carrión Yaguana y col., 2015) |
| Banano y otras musáceas | 2009 | Manabí Cotopaxi | A: La biodiversidad, de banano y musáceas, en un predio disminuye 2,56 veces la posibilidad de daño causado por picudo negro. | (Marcillo, 2012) |
| Naranjilla | 2010 | Pichincha, Napo, Morona Santiago, Pastaza | E: Se incrementa el beneficio económico de 40% a 60%. | (Sowell y Shively, 2012) |
| Manejo y conservación de recursos naturales | 2010-2011 | Bolívar | A: Labranza cero en haba aumenta 10% el rendimiento. La incorporación de avena al suelo incrementa 20% de producción de cebada, y 40 % en el fréjol. | (Nguema y col., 2013) |
| Mora | 2015-2016 | Nacional | E: La modernización de tecnologías de: producción, y comercialización determinan el precio entre 19 y 34 %. | (Barrera y col., 2017) |
| Manejo y conservación de recursos naturales | 2011-2014 | Bolívar | P: Los agricultores estuvieron dispuestos a invertir 2 % más en técnicas de Conservación para obtener aumento de 1 % en el rendimiento. | (Barrowclough y Domínguez, 2016) |

*A= Ambiental; E= Económico; P= Productivo

Tabla 3.
Estudios de evaluación de impacto de tecnologías desarrolladas por el INIAP

4. Discusión

El análisis de la rentabilidad de los 12 estudios presentados indica que los resultados de la I+D del INIAP, visto en el material genético mejorado y las nuevas prácticas agronómicas, permiten producir más con un retorno económico favorable. La TIR, en términos generales, representa o significa la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Para el caso de la TIR de la inversión pública para la generación de tecnologías en el INIAP está en un promedio del 33%. La distribución de la rentabilidad en los 12 estudios fue amplia, con valores desde 0% hasta 68%. A pesar de que cada estudio fue realizado de manera independiente, en diversos rubros y diversas regiones del país, el análisis de los resultados mostró una distribución uniforme de datos, con valores de media de 33% y una mediana de 32% (Tabla 1).

El método del excedente económico fue el más utilizado para encontrar la TIR. Este método analiza los excedentes generados por el desplazamiento de una curva de una oferta calculada, debido al efecto de los incrementos provocados por el aumento de la superficie plantada y los rendimientos, asignando un peso atribuible a la I+D (Alston, Norton y Pardey, 1998). En otras palabras, este método se basa en que las tecnologías mejoradas permiten producir más con un mismo nivel de insumos. Ese desarrollo tecnológico permitirá -en función de condiciones

de mercado- que tanto productor como consumidor se beneficien en algún grado. La estimación del excedente económico generado por el cambio tecnológico considera el desplazamiento de una curva de oferta debido a incrementos en los rendimientos y en la superficie cultivada.

En el estudio realizado por Reyes (2012) se evaluaron las ganancias en productividad de variedades de fréjol desarrollados para el reemplazo de variedades antiguas en América Central, Honduras y en el norte de Ecuador, usando datos de productividad experimental. Las ganancias de productividad observada en Ecuador, en particular de las variedades de rojo moteado, están en 1,68% por año. El mismo autor encontró que el retorno económico de las investigaciones a nivel regional mostró un valor de 358 millones de dólares y un TIR de 32%, para el caso de Ecuador alcanzó un TIR de 35% el VAN de 10,9 millones de dólares.

El TIR obtenido en 11 de los 12 estudios identificados fue superior al costo de oportunidad de la inversión que ofrece la tasa activa referencial para la inversión pública (9,33%), publicada por el Banco Central del Ecuador a octubre de 2018 (BCE, 2018). Estos resultados corroboran lo indicado por Timmer (1992), en las cuales se afirma que las productividades agrícolas pueden crecer más rápido que en otros sectores debido a la inversión en el desarrollo científico y tecnológico.

La adopción tecnológica en el sector agropecuario es un proceso complejo que puede cubrir un período de tiempo considerable, ya que no solo requiere que la tecnología a transferir sea buena, si no que se requieren que los actores involucrados tengan los recursos y herramientas para hacerlas llegar a los usuarios finales (Cadena-Iñiguez et al., 2018). El promedio de 37% de adopción de las tecnologías liberadas por INIAP es menor al promedio (40%) obtenido de trece estudios de adopción contemplados en el trabajo de Barrientos-Fuentes (2013); trabajo que recogió información de evaluaciones realizadas en varios países del mundo, en tecnologías agrícolas como: material genético, agricultura de conservación, técnicas de cultivo, manejo de plagas y enfermedades, entre otras.

La transferencia de tecnología en Ecuador no es competencia exclusiva del INIAP, sino que recae en otros actores de un sistema público nacional de extensionismo y asistencia técnica inexistente para el agro ecuatoriano. El éxito del sector agroindustrial estadounidense se debe, entre otros factores, a su elevada adopción tecnológica (Vieira-Filho y Fornazier, 2016).

En los resultados de evaluaciones de impacto se observaron estudios con indicadores económicos, productivos y de conservación de recursos naturales (ambientales) (Tabla 3). Los trabajos han sido publicados en revistas indexadas, en mayoría son *ex post*, y explican una relación causal solucionando el problema del contrafactual mediante métodos econométricos cuasi-experimentales. El principal reto de una evaluación de impacto es identificar lo que habría pasado con los beneficiarios de un programa, si el programa no hubiera existido (Khandker, Koolwal y Samad 2010).

El impacto de la inversión en investigación también ha sido evaluado a nivel regional, donde se estimó que el valor económico potencial causado por las tecnologías desarrolladas por INIAP y otros institutos públicos de la región andina para el control de tizón tardío en papa pudo alcanzar los 298 millones de dólares en 20 años (Gonzalez, 1998). Un estudio más reciente en Brasil reportó que el incremento de la productividad de la tierra observado en los últimos años se debe, entre otros factores, al acrecentamiento de la inversión en investigación, especialmente en el instituto nacional de investigaciones agropecuarias - Embrapa (Gasques, Vieira y Navarro et al. 2010). Estos resultados corroboran los resultados de la Tabla 3, ya que demuestran que la inversión en I+D genera un impacto positivo en el sector agropecuario a mediano y largo plazo. Sin embargo, estos impactos no llegan a todos los agricultores ni han resuelto todas las necesidades del agro ecuatoriano. A pesar que la inversión en I+D agropecuario registró un crecimiento de 9% durante el período 2009–2014 (SENESCYT e INEC), Ecuador tiene uno de los índices más bajos de inversión en actividades de I+D en Sudamérica, con un gasto de 0,18% de su PIB Agropecuario - PIBA (Stads et al., 2016), valor muy por debajo de lo recomendado por el Banco Mundial (2% del PIBA) o el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (1% del PIBA) (UNCTAD, 2007; IICA, nd).

5. Conclusiones

En el período 2007-2017 se han publicado 37 estudios socioeconómicos de impacto, rentabilidad o adopción de las tecnologías desarrolladas por INIAP, realizadas por trece instituciones, como: Virginia Tech, University Purdue, la Escuela Politécnica del Ejército, INIAP, entre otras. De los resultados obtenidos se concluye que, en promedio, las tecnologías desarrolladas por el INIAP, como principal centro de I+D agropecuario del Ecuador, han generado una tasa interna de retorno de 33%, con una adopción del 37%, resultados positivos que justifican la inversión pública en ciencia y tecnología en el sector agropecuario del Ecuador. Sin embargo, es evidente que para tener una mejor estadística se requieren de muchos más estudios, sobre todo de impacto, en un mayor número de rubros y temas de investigación que realiza el instituto, por ejemplo en café, cacao, conservación de agrobiodiversidad y valor agregado (agroindustria). Adicionalmente, es necesario incrementar la inversión en ciencia y tecnología, y consolidar un sistema nacional de extensionismo y asistencia técnica para los agricultores ecuatorianos, que incremente la adopción de las tecnologías generadas y que contribuya al desarrollo de una agricultura sostenible y de referencia para la región.

Agradecimientos

Se agradece a Karla Tinoco y Cristina Iglesias por el apoyo brindado en la búsqueda del material bibliográfico utilizado en el presente artículo.

Referencias

- Álava, G. 2014. *Estimación del impacto económico de las inversiones realizadas por el INIAP en investigación y transferencia de tecnologías en el cultivo de soya durante el periodo 200-2012*. Tesis de pregrado. Babahoyo, Universidad Técnica de Babahoyo. Online: <https://bit.ly/2Tdc5D4>
- Alston, J. M., Norton, G. y Pardey. P. 1998. *Science Under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. CAB International, Conell University Press. Online: <https://bit.ly/2yJiaOh>
- BCE (Banco Central del Ecuador). 2018. *Tasas Interés Efectivas: octubre 2018*. Online: <https://bit.ly/2Law9oD>
- Barrera, V. H., Alwang, J., Andrango, G., Domínguez Andrade, J. M., Escudero, L., Martínez, A., Arévalo, J. 2017. *La cadena de valor de la mora y sus impactos en la Región Andina del Ecuador*. Boletín Técnico no. 171. Quito, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Unidad de Economía Agrícola. Online: <https://bit.ly/2OGoeZ9>
- Barrera, V., Escudero, L., Alwang, J. y Andrade, R. 2012. "Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands." *Agricultural Sciences* (3): 768-779. Online: <https://bit.ly/2yFRQES>
- Barrientos-Fuentes, J. C. y Berg. E. 2013. "Evaluación del impacto de las innovaciones agrarias: una revisión." *Agronomía Colombiana* 31(1): 120-130. Online: <https://bit.ly/2GTIU4j>
- Barrowclough, M., Stehouwer, R., Alwang, J., Gallagher, R., Barrera V., Mosquera, V. y Domínguez, J. 2016. "Conservation agriculture on steep slopes in the Andes: Promise and obstacles." *Journal of Soil and Water Conservation* (71): 91-102. Online: <https://bit.ly/2yJ6Bqr>
- Bazurto, D. 2014. *Incidencia productiva y socioeconómica en productores de ganado bovino doble propósito en cuatro cantones del litoral, como consecuencia del grado de apoderamiento de tecnologías promovidas por el INIAP*. Tesis de pregrado. Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Online: <https://bit.ly/2YSsF0k>
- Cadena-Iñiguez, P., Guevara-Hernández, F., Argüello-Aguilar, R., Rendón-Medel, R. 2018. "Proceso de comunicación, extensionismo y adopción de tecnologías." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (4): 851-864. Online: <https://bit.ly/2yHCX4H>
- Carrión Yaguana, Vanessa y col. (2015). «DoesIPM have staying power? Revisiting a potato-producing area years after formal training ended». En: *Journal of agricultural economics* 67.2,308-323. Online: <https://bit.ly/2YMVPxR>
- Castro, M. 2016a. *Rendimientos del arroz en cáscara primer cuatrimestre del 2016*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2yLjGPU>
- Castro, M. 2016b. *Rendimientos del arroz en cáscara segundo cuatrimestre del 2016*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2yLjGPU>

- Castro, M. 2016c. *Rendimientos del arroz en cáscara tercer cuatrimestre del 2016*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2yLjGPU>
- Cavatassi, R., L. Salazar, M. González-Flores y P. Winters. 2011. "How do Agricultural programmes alter Crop Production? Evidence from Ecuador." *Journal of Agricultural Economics* 62(2): 403-428. Online: <https://bit.ly/2Kz2qmu>
- Cedeño, M. 2013. *Factores Agrosocioeconómicos que inciden en la adopción de tecnologías generadas por el INIAP para el cultivo de plátano en la zona El Carmen-Santo Domingo. Año 2013*. Tesis de pregrado. Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Online: <https://bit.ly/2Kn0jmZ>
- Chicaiza, G. 2010. *Determinación del nivel de adopción del híbrido de maíz duro INIAP - H 551 y sus componentes tecnológicos*. Tesis de pregrado. Sangolquí, Escuela Politécnica del Ejército. Online: <https://bit.ly/31qX0ka>
- Clements, C., Alwang, J., Barrera, V. y Dominguez, J. 2016. "Graft is good: the economic and environmental benefits of grafted naranjilla in the Andean region." *Renewable Agriculture and Food Systems* 32(4): 306-318. Online: <https://bit.ly/33aTADY>
- Córdova, Y. 2013. *Impacto económico de las inversiones realizadas por el INIAP en investigación y transferencia de tecnología en palma africana (Elaeis Guineensis Jacq). Ecuador. 2000 - 2011*. Tesis de pregrado. Quito, Universidad Central del Ecuador. Online: <https://bit.ly/2KAHyv1>
- Feinstein, O. 2012. "La Institucionalización de la evaluación de políticas públicas en América Latina." *Presupuesto y Gasto Público* 68: 41-52. Online: <https://bit.ly/33hBq3B>
- Fernández, M. y Mendoza, L. 2011. *Determinación de la adopción de genotipos de cacao y sus componentes tecnológicos generados por INIAP, en zonas cacaoteras representativas de Manabí*. Tesis de pregrado. Sangolquí, Universidad de las Fuerzas Armadas. Online: <https://bit.ly/2ZQdxOc>
- Gasques, J., Vieira Filho, J. y Navarro, Z. 2010. *Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília, Instituto de Investigación Económica Aplicada. Online: <https://bit.ly/2MM05rk>
- González, J. 1998. *Evaluación económico-ecológica de temas de investigación agropecuaria en los países andinos*. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)/Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). Online: <https://bit.ly/2KiPbHM>
- Guayasamín, M. 2015. *Evaluación ex ante del impacto socio-económico del manejo convencional y mejorado del cultivo de naranjilla (Solanum Quitoense) en el Ecuador*. tesis de pregrado, Quito, Universidad Central del Ecuador. Online: <https://bit.ly/33kXFFC>
- IICA, nd. Balance del estado general y la evolución de la agricultura y el medio rural de América: retos y oportunidades en el siglo XXI. IICA, San José, Costa Rica. 132 p. Online: <https://bit.ly/2YwHo1T>

- Khandker, S., Koolwal, G. y Samad, H. 2010. "Handbook on impact evaluation: quantitative methods and practices." *World Bank*. Online: <https://bit.ly/2Tbrjsx>
- López, C., Salazar, L., y De Salvo, C. 2017. *Gasto Público, Evaluaciones de Impacto y Productividad Agrícola: Resumen de Evidencias de América Latina y el Caribe*. Nota Técnica No. IDB-TN-1242, Banco Interamericano de Desarrollo, División del Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres, 2017. Online: <https://bit.ly/2yFGnFl>
- Lusero-Sumba, E. 2014. *Producción histórica de maíz duro seco*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/33kICM6>
- Marcillo, J. 2012. *Contribución económica de la biodiversidad de Musa spp. a la sostenibilidad de la producción agrícola a nivel del pequeño productor. Caso El Carmen y La Maná en el año 2009*. Tesis de pregrado. Quito, Escuela Politécnica Nacional. Online: <https://bit.ly/2YygiI>
- Mauceri, M., Alwang, J., Norton, G. y Barrera, V. 2007. "Effectiveness of integrated pest management dissemination techniques: a case study of potato farmers in Carchi, Ecuador." *Journal of Agricultural and Applied Economics* 39(3): 765-780. Online: <https://bit.ly/2YygiI>
- Mazón, N., Peralta, E., Murillo, Á., Rivera, M., Guzmán, A., Pichazaca, N., y Nicklin, C. 2016. "It's not just the technology, it's the surrounding system: how researchers in Ecuador found ways to make themselves useful to farmers through quinoa and lupin seed systems." *Experimental Agriculture*.: 1-18. Online: <https://bit.ly/2YRQ3uZ>
- Mendoza, C., Racines, M. y Espín, O. 2011. *Adopción de la variedad de arroz INLAP-14 y sus componentes tecnológicos, en el proyecto de riego América Lomas, Cantón Daule, Provincia del Guayas*. Boletín Técnico No. 147. Quito, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Dirección de Planificación y Economía Agrícola. Online: <https://bit.ly/2MKkhJP>
- Mendoza, L., Racines, M. y Chaves, J. 2010. *Retornos económicos de la investigación y transferencia de tecnologías generadas por el INLAP: el caso del arroz*. Boletín Técnico No. 141, Quito, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Dirección de Planificación y Economía Agrícola. Online: <https://bit.ly/2yJp1Y7>
- Molina, J. 2014. *Estimación del impacto económico de las inversiones realizadas por el INLAP en investigación y transferencia de tecnología en el rubro yuca (Manihot sculenta Crantz)*. Tesis de pregrado. Portoviejo, Universidad Técnica de Manabí. Online: <https://bit.ly/2KzhS1Y>
- Monteros, A. y Salvador, S. 2015. *Rendimientos del arroz en cáscara segundo cuatrimestre del 2015*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2GTFsWf>
- Mora, J. 2012. *Estimación del retorno económico de la investigación y transferencia de tecnologías generadas por el INLAP en el rubro papa, Ecuador. Período 2000-2010*. Tesis de Pregrado. Quito, Escuela Politécnica del Ejército. Online: <https://bit.ly/2OTLDAe>

- Moreno, B. 2015. *Rendimientos del arroz en cáscara en el Ecuador primer cuatrimestre del 2015*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2GTFsWf>
- Moreno, B. 2014. *Rendimientos del arroz en el Ecuador primer cuatrimestre del 2014*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2yJ2Ot0>
- Moreno, B., y Salvador, S. 2014. *Rendimientos del arroz en el Ecuador segundo cuatrimestre del 2014*. Documento de Trabajo. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Online: <https://bit.ly/2ZEE7tV>
- Nevárez, V. 2011. *Impacto de variedades de yuca INIAP-Portoviejo 650 e INIAP-Portoviejo 651 en el desarrollo agroindustrial de cuatro cantones de Manabí*. Tesis de pregrado. Calceta, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Online: <https://bit.ly/2YU0ytX>
- Nguema, A., Norton, G., Alwang, J., Taylor, D., Barrera, V. y Bertelsen. M. 2013. "Farm-Level Economic Impacts of Conservation Agriculture in Ecuador." *Experimental Agriculture* 49(1): 134-147. Online: <https://bit.ly/2ZQAY3y>
- Racines, M., Mendoza, L. y Yáñez, F. 2011. *Retorno económico de la investigación y transferencia de tecnología generada por INIAP: caso maíz duro*. Boletín Técnico No. 143. Quito, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Dirección de Planificación y Economía Agrícola. Online: <https://bit.ly/31n1Uij>
- Rade, D., Cañadas, Á., Zambrano, C., Molina, C., Ormaza, A., Wehenkel, C. 2017. "Silvopastoral System Economical and Financial feasibility with *Jatropha curcas* L. in Manabí, Ecuador". *Revista MVZ Córdoba* 22(3):6241-6255. Online: <https://bit.ly/33lcMyQ>
- Reyes, B. 2012. *The economic impact of improved bean varieties and determinants of market participation: evidence from Latin America and Angola*. Disertación postgrado Ph.D., Michigan, Michigan State University. Online: <https://bit.ly/2GTlr26>
- Rivas, L., García, J., Seré, C., Jarvis, L. y Sanint, L. 1992. *Modelo de análisis de excedentes económicos*. Documento de Trabajo No. 107. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Online: <https://bit.ly/2OLD4az>
- Salgado, J. 2013. *Estimación del impacto económico de las inversiones realizadas por el INIAP en investigaciones y transferencia de tecnología en "Limón sutil" (Citrus aurantifolia Swingle)*. Tesis de pregrado. Portoviejo, Universidad Técnica de Manabí. Online: <https://bit.ly/2YQVAXG>
- SENESCYT e INEC. n.d. *Indicadores de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) del Ecuador, Período 2009-2014*. Quito: Editogram-Medios Públicos. Online: <https://bit.ly/2ON21Cm>
- Sotomayor, D. 2011. Estimación de los retornos de las inversiones realizadas por INIAP en investigación y transferencia de tecnologías en cacao,

- Ecuador (2000-2010). Tesis de pregrado. Sangolquí, Escuela Politécnica del Ejército. Online: <https://bit.ly/2M4MGek>
- Sowell, A. y Shively G. 2012. "Economic and environmental impacts of grafted naranjilla." *Journal Forests, Trees and Livelihoods* 21(1): 30-43. Online: <https://bit.ly/2ZEnFJT>
- Stads, G., Perez, S., Iglesias, C. y Beinterma, N. 2016. *Ecuador: Ficha técnica -indicadores de I+D agropecuario*. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and National Institute for Agricultural Research. Online: <https://bit.ly/2yJ19Ui>
- Suquillo, F. 2014. Estimación del impacto económico de las inversiones realizadas por el INIAP, en la generación y transferencia de tecnologías en cebada (*Hordeum vulgare L.*). Tesis de pregrado. Sangolquí, Universidad de las Fuerzas Armadas. Online: <https://bit.ly/2OGWwF7>
- Timmer, P. 1992. "Agriculture and economic development revisited". *Agricultural Systems* 11(1-3): 21-58. Online: <https://bit.ly/33f2UGV>
- UNCTAD. 2007. *Los países menos adelantados: el conocimiento, el aprendizaje tecnológico y la innovación para el desarrollo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Informe 2007*. Naciones Unidas, New York y Ginebra. 254 p. Online: <https://bit.ly/33kOHbo>
- Vieira-Filho, J., Fornazier, A. 2016. "Productividad agropecuaria: reducción de la brecha productiva entre el Brasil y los Estados Unidos de América". *Revista CEPAL* 118: 215-233. Online: <https://bit.ly/2TbxY5S>

Enlace alternativo

<https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/30.2019.03>
(html)