



Elaborada por: Mercedes Borja Bravo

Impacto económico de la adopción de tecnología para la producción de frijol en condiciones de temporal en el norte centro de México

Economic impact of technology adoption on bean production under rainfed conditions in northern central Mexico

Mercedes Borja-Bravo^{1*}, Venancio Cuevas-Reyes², Alejandra Velez-Izquierdo³

RESUMEN

La asignación de recursos públicos a la investigación agropecuaria es un factor de desarrollo para el sector agroalimentario del país, pero deben estar orientados eficientemente hacia la generación de productos tecnológicos que otorguen beneficios a la población. El objetivo de este trabajo fue evaluar el beneficio económico a nivel sistema de producción y sociedad, derivado de la inversión pública en investigación y desarrollo, del paquete tecnológico para la producción de frijol en zonas de temporal de la región norte centro de México. Para evaluar el impacto en los sistemas de producción, se aplicaron 42 encuestas a productores adoptantes del paquete tecnológico en municipios de Aguascalientes y San Luis Potosí; mientras que, para el impacto a nivel sociedad, se estimó el retorno económico que produjo la inversión pública utilizada en el proceso de generación y adopción de la tecnología en el periodo 2009a 2025. La medición se realizó a través del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio costo (R B/C). El costo de producción de los adoptantes fue mayor en 36.3 % comparado con la tecnología tradicional; en tanto que, el rendimiento aumentó en 102 % y el ingreso neto incrementó en 322.6 %. A nivel sociedad, la evaluación reveló un VAN de \$ 10.9 millones, lo que representó 4.1 veces lo invertido en la generación de la tecnología. La R B/C fue de 5.1 y la TIR fue mayor a la tasa media real de rendimiento considerada (9.5 %). El desarrollo y transferencia del paquete tecnológico para la siembra de frijol representó una buena inversión de recursos públicos, beneficiando a la población y a los productores, porque incrementa la producción alimentaria y el ingreso neto del agricultor.

PALABRAS CLAVE: excedente económico, ingreso neto, cambio tecnológico, frijol, sector agroalimentario.

ABSTRACT

The allocation of public resources to agricultural research is a factor of development for the agri-food sector of the country and should be efficiently oriented towards the generation of technological products that provide benefits to the population. The aim of this work was to evaluate the economic benefit at a level of production system and society, derived from public investment in research and development of the technological package for dry bean crop production in rainfed areas in north central Mexico. To evaluate the impact on the production systems, 42 questionnaires were administered to users of the technological package in municipalities of Aguascalientes and San Luis Potosí. Likewise, in order to assess the impact at a society level, the economic return produced by the public investment used in the generation and adoption process of technology in the 2009 to 2025 period was estimated. The evaluation was performed through the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR) and the cost benefit ratio (B/C R). The production cost for adopters was 36.3 % higher compared to traditional technology; however, the yield increased by 102 % and the net income increased by 322.6 %. At a society level, the evaluation revealed an NPV of \$ 10.9 million, which represented 4.1 times more than what was invested in the generation of technology; the B/C R was 5.1 and the IRR was higher than the real average rate of return considered (9.5 %). The development and transfer of the technological package for sowing beans represented a good investment of public resources, benefiting the population and producers, because it increases food production and farmers' net income.

KEYWORDS: economic surplus, net income, technological change, bean, food industry.

*Correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx/ Fecha de recepción: 22 de mayo de 2019/ Fecha de aceptación: 6 de diciembre de 2019/ Fecha de publicación: 31 de enero de 2020.

¹Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Apartado Postal 20, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México, C. P. 20670. ²Campo experimental Valle de México del INIFAP, Texcoco, Estado de México, México. ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria, Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP, Ajuchitlán Colón, Querétaro, México.

INTRODUCCIÓN

En países como México, la investigación agropecuaria se ha considerado como una herramienta generadora de cambio tecnológico para lograr el incremento en la producción de alimentos (Sonnino y Ruane, 2013). Hoy en día, la investigación agrícola ha tomado nuevas orientaciones, puesto que esta debe responder a problemáticas como la disminución de la pobreza rural, la generación de empleos y la inclusión del enfoque de género; además, ha mostrado una importante evolución a partir de la austeridad presupuestaria, de acuerdo a la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2004). Este último factor, propicia que los fondos públicos, destinados a la investigación y desarrollo tecnológico, sean cada vez más limitados, y deban ser plenamente justificados con la cuantificación de los impactos que se obtienen a partir de la adopción de las nuevas propuestas tecnológicas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es un Centro Público de Investigación (CPI) que desarrolla proyectos tendientes a resolver problemas del sector agropecuario y forestal; durante el 2018, el INIFAP tenía en operación 254 proyectos de investigación, de los cuales, el 60 % estaban enfocados al subsector agrícola, 18 % al pecuario, 13 % al subsector forestal y 9 % fueron multisectoriales (INIFAP, 2018a). De los proyectos de investigación se generan tecnologías de producto o de proceso que deben cumplir cuatro etapas (experimentación, validación, transferencia y adopción) para asegurar que están siendo utilizadas por los productores. Solo algunas de las tecnologías producidas logran ser plenamente adoptadas por los usuarios, ya que como lo señala Luna-Mena y col. (2016) y Robles y col. (2016), existen factores demográficos y técnico-productivos, así como, una red de relaciones sociales con distintos actores que influyen en el proceso de adopción. No obstante, es la adopción de la tecnología lo que provoca el retorno de la inversión realizada en la investi-

gación, y es a partir de la cuantificación del impacto económico de los productos o tecnologías obtenidas de la investigación como se puede conocer (González-Estrada y col., 2018).

La evaluación de impactos económicos es un tema de importancia para las instituciones que generan tecnología agropecuaria como el INIFAP, ya que es una forma de demostrar el beneficio socioeconómico de los productos resultantes de la investigación. Los impactos económicos pueden ser medidos en dos niveles; el primero, es al contabilizar los beneficios económicos que genera la adopción de una tecnología en la unidad de producción (Ugalde-Acosta y col., 2011; Ireta-Paredes y col., 2018), y el impacto se representa a través del cambio en el ingreso neto de los productores agropecuarios. En un segundo nivel, el impacto se mide en torno al beneficio económico que causa el uso de una tecnología en la sociedad; para este nivel existen diversos métodos que pueden ser utilizados, entre ellos destacan los métodos econométricos, de programación matemática y el de excedentes económicos; sobre el último, existe evidencia de su utilización en los trabajos realizados por Magalhães y col. (2004); Nozar (2007); Sánchez-Toledano y col. (2012) y González-Estrada y col. (2018), el cual se caracteriza por ser el que mejor se adapta para demostrar el impacto que produce una tecnología en el bienestar social a nivel país y tiene la ventaja de utilizar una menor cantidad de información, lo que lo hace factible para su aplicación.

En 2009, en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB) del INIFAP, se generó una propuesta de tecnología sobre el manejo integral para la producción de frijol de temporal en la región semiárida del norte centro de México. La tecnología consiste en un paquete tecnológico integrado por varios componentes: 1) preparación de suelo con labranza vertical y horizontal con el uso del multirado; 2) cosecha de agua para la que se utilizan implementos agrícolas como el rodillo Aqueel® y la pileteadora; 3) siembra de

variedades mejoradas precoces, resistentes a sequía, plagas y enfermedades, como pinto Saltillo, con ciclo vegetativo de 90 d y grano de tamaño medio; 4) métodos de siembra con alta densidad de plantas a 3 y 4 hileras en surcos estrechos sobre camas de 1.52 m de ancho; 5) fertilización biológica (uso de biofertilizantes) y fertilización foliar; y 6) control oportuno de malezas y plagas (Osuna-Ceja y col., 2012). La finalidad de esta tecnología es incrementar la productividad en el cultivo de frijol en la región del altiplano semiárido del norte del país.

En el 2018, se registraron cerca de 70 productores que utilizan la tecnología propuesta de INIFAP en los municipios de Salinas de Hidalgo, Villa de Arriaga y Santo Domingo, del estado de San Luis Potosí; y El Llano, Asientos, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo y Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, en una superficie de 300 ha. La tendencia sobre el uso de la tecnología por parte de los productores es creciente, debido a su efectividad para incrementar el rendimiento, la rentabilidad y competitividad del cultivo (Borja-Bravo y col., 2018).

Aun cuando la tecnología es aceptada por los productores de frijol, existen interrogantes sobre la misma: ¿el ingreso neto que obtienen las familias campesinas al sembrar frijol es mayor cuando utilizan el paquete tecnológico generado por INIFAP, en comparación con la tecnología tradicional? ¿En qué magnitud se ha recuperado la inversión pública destinada al desarrollo de la tecnología? La respuesta a estas interrogantes proporciona información a los actores que participan en el proceso de adopción de la tecnología.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el beneficio económico a nivel de sistema de producción y sociedad, derivado de la inversión pública en investigación y desarrollo de un paquete tecnológico para la producción de frijol en zonas de temporal, de la región norte centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo, la investigación se realizó en 2 etapas. En la primera, se consideraron actividades que permitieran medir el cambio en el ingreso neto de los productores de frijol que utilizaron el paquete tecnológico. La evaluación se realizó con productores adoptantes de la tecnología ubicados en los municipios de Asientos, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, Pabellón de Arteaga y El Llano en Aguascalientes; y en Salinas de Hidalgo, Villa de Arriaga y Santo Domingo en San Luis Potosí. Esta área se caracteriza por presentar latitudes en un rango de 1 700 m a 2 200 m sobre el nivel del mar (msnm); el clima es seco y semiseco, con precipitación pluvial promedio histórica de 400 mm a 500 mm en los municipios de Aguascalientes, entre 300 mm y 400 mm en Salinas y Santo Domingo y 600 mm en Villa de Arriaga. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2017), la temperatura promedio anual es de 12 °C a 18 °C. En esta área se observa una arraigada tradición en la producción de la leguminosa, y se caracteriza por cultivar frijol en ambientes con temporal deficiente, donde la sequía causa bajos rendimientos en la producción de grano (Osuna-Ceja y col., 2013).

Para obtener la información, se aplicó una encuesta a los productores adoptantes que utilizaron la tecnología durante el ciclo agrícola P-V 2017 y 2018. En la encuesta, se utilizó un cuestionario de 53 preguntas, mismo que fue validado con 3 productores, lo que permitió realizar las correcciones correspondientes en el formato para su aplicación final. El tamaño de muestra se determinó mediante el diseño de Muestreo de Proporciones de Varianza Máxima (MPVM) (Infante y Zarate, 1990); la fórmula se expresa a continuación:

$$n = \frac{N p(1 - q)}{(N - 1) \left(\frac{\beta}{Z_{1-\alpha}} \right)^2 + p(1 - q)}$$

Donde:

n fue el tamaño de la muestra, N el tamaño de la población objetivo, igual a 70 productores, β fue la precisión en porcentaje (10 %) y $Z_{1-\alpha}$ el valor de confiabilidad al 95 % (1.64), p la probabilidad de fracaso (50 %) y q la probabilidad de éxito (50 %). El tamaño de la muestra fue de 35 productores, pero se realizaron 42 encuestas que representaron el 60 % de la población. La selección de los productores a encuestar se realizó por conveniencia, considerando a aquellos que tuvieran la disponibilidad de responder la encuesta y que emplearan la tecnología en sus unidades de producción.

La encuesta se centró en obtener información sobre los costos de producción del sistema de producción tradicional del productor y del sistema, cuando utiliza la tecnología, así como de aspectos relacionados al proceso de adopción. La aplicación de encuestas se realizó durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018. La fase de campo comenzó en los municipios de San Luis Potosí, y posteriormente en los de Aguascalientes; para la aplicación de la encuesta, se visitó a cada uno de los productores en sus domicilios.

Para determinar el impacto económico a nivel sistema de producción, a través del cambio en el ingreso neto del productor, se calcularon los costos de producción, que con base en Ayala-Garay y col. (2014) y Carrillo-Martínez y col. (2019), fueron divididos en: a) costos directos, que contabilizaron el pago por fertilizantes químicos y orgánicos, plaguicidas, fungicidas, herbicidas, pago por labores mecanizadas y manuales y; b) costos indirectos, que incluyeron los gastos generales, como el combustible ocupado en el acarreo de la producción y costo de oportunidad de la inversión. Además, se consideraron los precios observados en insumos y mano de obra durante en el ciclo P-V 2018.

En la estimación del costo total por ha se consideraron r productores de frijol que usan

i insumos en su proceso de producción, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$CT_r = \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}]$$

Donde:

CT es el costo total de producción desembolsado por el productor r ; p_{ri} es el precio del insumo i que paga el productor r ; x_{ri} es la cantidad de insumo i que compra y usa el productor r .

Para estimar el ingreso por ha se utilizó el precio de venta del frijol en 2018, y el rendimiento promedio reportado por los productores. La fórmula para la estimación fue la siguiente:

$$IT_r = p_r \times y_r$$

Donde:

IT es el ingreso total que obtiene el productor r ; p_r es el precio de venta recibido por el productor r ; y_r es el rendimiento obtenido por el productor r . El ingreso neto del productor r es la diferencia entre el ingreso total y el costo total de producción, esto es:

$$IN_r = [p_r \times y_r] - \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}] = IT_r - CT_r$$

La variación del ingreso neto de los productores (VINP) se estimó de la siguiente manera:

$$VINP = \left[\frac{IN_{rti} - IN_{rtt}}{IN_{rtt}} \right] \times 100$$

Donde:

IN_{rti} es el ingreso neto del productor r al utilizar la tecnología INIFAP (ti); IN_{rtt} es el ingreso neto del productor r al utilizar la tecnología tradicional (tt).

En la segunda etapa, se evaluó el beneficio económico que genera la inversión pública en investigación agrícola, para ello, se utilizó el enfoque del concepto del excedente económico basado en la teoría del bienestar Marshaliano, mediante la técnica del beneficio costo (Rodrigues-de-Alencar y col., 2004). Para realizar esta fase se consideraron las va-

riantes en el enfoque del excedente económico propuestas por Dias y col. (2008), quienes señalaron que la elasticidad de la oferta depende del tipo de impacto de la innovación tecnológica, es decir, si la innovación provoca un aumento de la producción visible en mayores rendimientos o mayor superficie sembrada, se considera una curva de demanda perfectamente elástica y una curva de oferta vertical.

La estimación del retorno económico de la investigación se basó en la comparación de los costos de inversión de la misma y el cambio en el ingreso que provocó la adopción de la tecnología generada por INIFAP en el excedente económico de los productores que la adoptaron. La medición se realizó a través del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio costo (R B/C) para el flujo de los fondos que surgen de ambos conceptos.

La información que se requirió fue la referente a los costos que implicó el proceso de investigación y transferencia de tecnología. Los costos fueron los siguientes: 1) costo de personal que se refiere a la remuneración anual bruta del personal implicado en la generación y transferencia de la tecnología; 2) costo de la investigación, donde se consideró el porcentaje del presupuesto asignado para la ejecución del proyecto en el cual se generó la tecnología; 3) depreciación del capital, que correspondió a la depreciación anual de los bienes de capital del centro de investigación, en el cual se generó la tecnología y que fueron empleados en la generación de la tecnología; 4) costo de administración, que implicó el pago del personal administrativo, así como gastos fijos (vigilancia, limpieza, teléfono, energía eléctrica, internet, agua, entre otros) del centro de investigación (CEPAB) donde se generó la tecnología; 5) costo de transferencia de la tecnología, donde se consideraron los costos realizados por el centro de investigación para difundir y divulgar la adopción de la tecnología evaluada (material impreso y accio-

nes de capacitación a productores y técnicos). Los costos fueron obtenidos mediante una entrevista personal estructurada al investigador del INIFAP, responsable y generador de la tecnología, en la cual se preguntó sobre aspectos relacionados con el proyecto de investigación, investigadores e instituciones participantes, personal de apoyo empleado, materiales y equipo utilizado y actividades realizadas en la etapa de transferencia de la tecnología. También, se realizó una consulta personal a tres administrativos del CEPAB, y consulta en bases de datos sobre entregables del área técnica y desempeño institucional del Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI) del INIFAP (2018b).

El beneficio económico se estimó con diferentes variables; primero, se calculó la ganancia unitaria al comparar el ingreso del productor, obtenido con el uso de la tecnología tradicional y con la nueva tecnología. La ganancia unitaria se estimó con la siguiente fórmula:

$$G = (R_{tn} - R_{tt}) * P_x$$

Donde:

G es la ganancia unitaria, R_{tn} es el rendimiento obtenido con la tecnología nueva, R_{tt} es el rendimiento obtenido con la tecnología tradicional, P_x es el precio de venta del productor. La información se obtuvo para el periodo 2012 a 2018, y provino de reportes técnicos y bitácoras de los investigadores implicados en la generación, validación y transferencia de la tecnología, y se complementó con información obtenida en la encuesta a productores.

Otra variable que se determinó fue el porcentaje de participación del INIFAP en el proceso de investigación; con respecto a este valor, según Dias y col. (2008) señalaron que no puede ser mayor a 70 %, ya que existen otras instancias e instituciones que intervienen en el proceso; por tal motivo, se realizó un consenso entre los investigadores generadores y transferidores de la tec-

nología, y determinaron utilizar el valor máximo propuesto (70 %) como el porcentaje en el que se le atribuye al instituto la generación y transferencia de la tecnología nueva.

Otra variable fue la superficie de siembra en la que se utilizó la tecnología, dicha información fue proporcionada por los extensionistas que brindan asistencia técnica a productores de frijol en los municipios del área de estudio para el periodo 2012 a 2018. Sin embargo, para estimar el flujo de beneficios económicos, se consideró la superficie adoptada con la tecnología para el periodo 2012-2025, y para obtener la información faltante, se parametrizó la curva sigmoidea (González-Estrada y col., 2018) que representará la superficie de adopción para los años posteriores a 2018. Para la parametrización del modelo, se consideraron 1 500 ha como la superficie potencial de aplicación de la tecnología, que representa la superficie total de los productores que han recibido asistencia técnica sobre el paquete tecnológico por parte de los extensionistas que operan en el área de estudio.

El costo y beneficio de la tecnología fue actualizado y se tomó la tasa de descuento de 9.5 % propuesta por González-Estrada y col. (2018), quienes la describen como la tasa media real de rendimiento, libre de impuestos, que recibe el capital en forma de inversión de portafolio y como inversión nacional y extranjera directa.

Finalmente, con los flujos de costos y beneficios actualizados se estimaron los indicadores del VAN, que es la suma de los flujos netos actualizados a la tasa de interés social, la TIR, que es la tasa que reduce a cero el flujo corriente de beneficios netos del proyecto y la R B/C, que representa el resultado de dividir la suma del flujo de beneficios actualizados entre la suma del flujo de costos actualizados (González y Wood, 2006; González-Estrada y col., 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impacto económico a nivel de sistema de producción

Los productores de la región de estudio se caracterizaron por cultivar una superficie promedio de 7.9 ha de frijol por temporal. El 75.5 % de ellos siembra la variedad pinto Saltillo, y el resto combina las variedades flor de mayo, flor de junio y negro. En el sistema tradicional, los productores realizaban siembras en surcos a una distancia aproximada de 80 cm; las prácticas de fertilización, manejo de plagas, enfermedades y maleza eran poco comunes, ya que esto elevaba los costos de producción y al sembrar en condiciones de secano, el riesgo de no recuperar la inversión era alta. El costo de producción que implica el sistema tradicional de los productores fue de \$ 5 239 por ha (Tabla 1), y las labores mecanizadas y manuales representaron el mayor porcentaje del costo total, 36.5 % y 30 % respectivamente; el resto fue atribuido a la compra de insumos

■ **Tabla 1. Variación en el ingreso neto de los productores de frijol que utilizan la tecnología INIFAP.**
 Table 1. Variation in the net income of bean producers using INIFAP technology.

Concepto	Tecnología tradicional	Nueva tecnología	Diferencia	Porcentaje
Costo de producción (\$/ha)	5 239	7 141	1 902	36.3
Costo medio de producción (\$/kg)	10.6	7.1	- 3.5	- 33
Rendimiento (T/ha)	495	1 000	505	102
Precio de venta del productor (\$/kg)	12.8	12.8	0	0.0
Ingreso bruto (\$/ha)	6 240	13 293	7 053	113.0
Ingreso neto (\$/ha)	1 375	5 811	4 436	322.6

agrícolas (semilla y agroquímicos) y combustible. El rendimiento de grano que obtuvieron los productores con la tecnología tradicional fue en promedio de 495 kg/ha (Tabla 1).

Al utilizar la nueva tecnología, los productores de frijol siembran en camas; a una distancia entre surcos de 40 cm a 30 cm (3 o 4 hileras), por lo que la densidad de plantas es mayor, en promedio 140 000 por ha. Esto representa el 56 % más que en el sistema tradicional, que es de 90 000 plantas por ha. El costo de producción de frijol con la nueva tecnología fue un 36.3 % mayor (\$ 7 141), comparado con el costo de la tecnología tradicional (Tabla 1); los mayores incrementos fueron en los rubros de semilla por la siembra de mayor densidad de plantas, mano de obra y labores mecanizadas. El rendimiento obtenido con la nueva tecnología osciló entre los 600 kg/ha y 1 800 kg/ha, y el promedio fue de 1 000 kg/ha, que significó el 102 % más que el obtenido con la tecnología tradicional (Tabla 1). El incremento del rendimiento lo explicaron Osuna-Ceja y col. (2012), como un efecto positivo a la mayor densidad de plantas que propone la nueva tecnología. Esto permite tener mayores índices de cobertura y área foliar, favoreciendo la conservación de humedad del suelo, menor crecimiento de malezas y mayor captación de energía solar. Otros factores que influyen es la cosecha de agua *in situ* y el genotipo de la planta.

Con la nueva tecnología se observó que los costos de producción totales incrementaron, pero el costo medio de producción por kg de frijol disminuyó; por lo tanto, el aumento en el rendimiento por el uso de la nueva tecnología y la disminución del costo medio de la producción por kg de frijol, son variables que reflejan una mayor productividad de los sistemas de producción. Según Ayala-Garay y col. (2013), una mejor productividad radica en que los costos medios de producción disminuyan, y que los rendimientos se mantengan o incrementen. Esta situación repercute directamente en la ganancia unitaria del productor. Así mismo, los autores expresaron

que la disminución del costo medio se puede alcanzar al hacer un buen uso de la tecnología que incremente el rendimiento.

Los ingresos netos obtenidos por la producción de frijol, aumentaron en 322.6 %, lo que indica que la nueva tecnología les permite a los productores obtener mayores ganancias netas que repercutirán directamente en el ingreso total obtenido en las unidades de producción y las familias rurales de la región de estudio; y este incremento en el ingreso neto, es derivado de la mayor productividad que alcanza la producción de frijol en temporal, al realizar las prácticas agronómicas que comprende el paquete tecnológico. Ante la cuantificación del incremento del ingreso neto de los productores por la implementación de la tecnología podrán recomendar y motivar a otros productores para que la usen.

El impacto económico que la tecnología ha tenido a nivel sociedad se estimó con los costos necesarios para el desarrollo de la investigación y transferencia de tecnología que realizó la institución (Tabla 2). Las principales actividades de generación de la tecnología se llevaron a cabo de 2009 a 2012. La mano de obra (pago de sueldos a investigadores y personal de apoyo) es un rubro que se contabilizó en el gasto de investigación y representó el 79.2 % del total de este concepto durante los 4 primeros años. Estos resultados coinciden con los reportados por González-Estrada y col. (2018), quienes calcularon un gasto promedio de personal investigador y de apoyo de 86 % en la generación de otras tecnologías de INIFAP. A partir de 2011, se inició el proceso de transferencia de tecnología, el cual duró hasta 2016 y representó el 21.94 % en el total de la inversión realizada para la generación de la tecnología (Tabla 2).

El beneficio económico bruto que generó la tecnología durante el periodo 2012 a 2018 fue de 1 791 000 (Tabla 3). La ganancia unitaria y la ganancia neta fueron estimadas, la dife-

■ **Tabla 2. Costos de la investigación y transferencia de la tecnología (\$).**

Table 2. Costs of research and transfer of technology (\$).

Año	Gasto por investigación ^{&}	Depreciación de capital	Costos de administración	Costos de transferencia	Total
2009	517 264	82 092	30 875	0	630 231
2010	837 231	82 092	30 875	0	950 198
2011	404 031	82 092	30 875	89 000	605 998
2012	197 748	82 092	30 875	312 882	623 597
2013	0	0	15 438	103 000	118 438
2014	0	0	7 719	109 000	116 719
2015	0	0	3 859	54 000	57 859
2016	0	0	3 859	18 000	21 859

[&]El gasto de investigación incluyó el gasto de personal investigador y personal contratado (técnicos y auxiliares de campo); además del costo de los insumos empleados en la generación de la tecnología (análisis de laboratorio, experimentos, insumos agrícolas, entre otros).

rencia es que esta última es la aportación monetaria por hectárea de la tecnología al considerarse únicamente el porcentaje de participación del instituto en la generación y transferencia tecnológica, en este caso 70 %. Finalmente, la ganancia neta se multiplicó por la superficie de tierra en la que la tecnología se utilizó, lo que dio como resultado el beneficio económico bruto.

En la superficie que se utilizó, se muestra el nivel de adopción actual de la nueva tecnología; se obtuvo el proceso de adopción futuro que tendrá la tecnología para la pro-

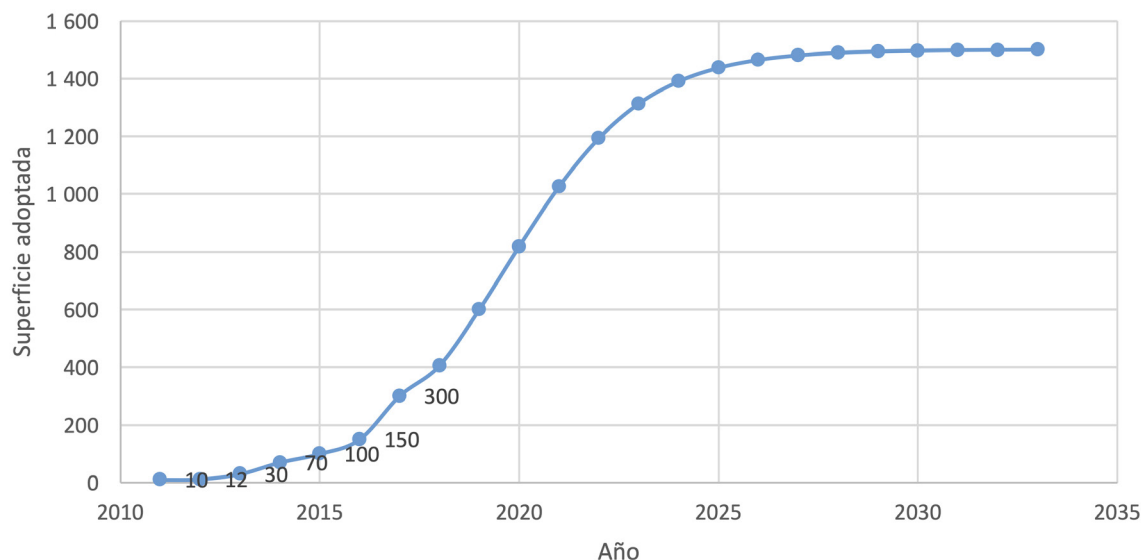
ducción de frijol en temporal, con base en los resultados obtenidos en campo (Figura 1). La adopción de la tecnología se ha realizado de manera paulatina, ya que como señalan Salas-González y col. (2013), esta comienza con el primer conocimiento y termina cuando el individuo incorpora a su sistema de trabajo la innovación, con la finalidad de elevar la productividad física de su predio y la rentabilidad económica de su sistema de producción.

La tecnología evaluada en este estudio tuvo un proceso de generación de 4 años y el pro-

■ **Tabla 3. Beneficios económicos brutos de la tecnología.**

Table 3. Gross economic benefits of technology.

Año	Número de productores adoptantes	Ganancia unitaria	Ganancia neta (INIFAP)	Área de adopción	Beneficio económico
		\$/ha		ha	\$
2012	3	3 240	2 268	10	22 680
2013	11	2 376	1 663	12	19 958
2014	20	2 300	1 610	30	48 300
2015	28	3 700	2 590	70	181 300
2016	45	11 160	7 812	100	781 200
2017	55	9 300	6 510	150	976 500
2018	70	8 528	5 970	300	1 791 000



■ **Figura 1. Superficie de adopción de la tecnología para la producción de frijol en temporal (ha).**

Figure 1. Technology adoption surface for beans production in rainfed conditions (ha).

ceso de adopción de la tecnología inició en 2012. Entre los factores limitantes para que los productores adoptaran la tecnología se distinguió la falta de maquinaria adecuada para realizar el método de siembra y la captación de agua de lluvia *in situ*; además, la falta de recursos económicos para la compra de una mayor cantidad de semilla.

Según los resultados obtenidos en la encuesta, en el 2018, el 51.1 % de los productores tenían 2 años de conocer la tecnología y el 70 % de ellos, la habían utilizado en los ciclos agrícolas de 2017 y 2018, el 20 % la había utilizado durante 3 años y solo el 10 % de los entrevistados la usaron por más de 5 años. Los resultados dan lugar a suponer que la superficie de frijol donde se utilice la tecnología estará en crecimiento para los años posteriores a 2018, y se estabilizará a partir del 2025. Estas características del proceso de adopción de la tecnología fueron consideradas en la estimación de los beneficios económicos netos (Tabla 4), donde, en el año 2025, el total del flujo de beneficio neto actualizado fue de 10.93 millones de pesos, obtenido por el uso de la tecnología, y superará el total del flujo del costo actualizado que

fue de 2.68 millones de pesos, derivado de la inversión para la generación y transferencia de tecnología.

Con respecto a los indicadores económicos el VAN del flujo de los beneficios económicos generados por el uso de la tecnología fue de 10.9 millones de pesos actualizados a precios de 2018 (Tabla 5), lo que representó 4.1 veces el flujo total de los costos actualizados, que fue lo invertido en la generación de la tecnología; es decir, con la adopción de la tecnología se cubren los costos realizados en el proceso de generación y transferencia, así como la tasa media real de rendimiento de 9.5 %; además genera una riqueza adicional de 10.9 millones de pesos.

La relación beneficio costo fue de 5.1, lo que significó que, por cada peso invertido en la generación y transferencia de la tecnología evaluada, se obtuvo una ganancia de 4.1 pesos para los productores adoptantes y la sociedad. Por último, la TIR fue de 16.5 % mayor a 9.5 %, que fue la tasa media real de rendimiento considerada e indica que los recursos públicos asignados a la generación y transferencia del paquete tecnológico de fri-

■ **Tabla 4. Beneficios económicos netos de la tecnología (\$).**

Table 4. Net economic benefits of technology (\$).

Año	Flujo de costos actualizados	Flujo de beneficios actualizados	Flujo de beneficio neto actualizado
2009	630 231		- 630 231
2010	867 761		- 867 761
2011	505 409		- 505 409
2012	474 965	17 274	- 457 691
2013	82 382	13 883	- 68 500
2014	74 143	30 681	- 43 461
2015	33 565	105 175	71 610
2016	11 581	413 869	402 289
2017		472 454	472 454
2018		791 297	791 297
2019		976 370	976 370
2020		1 319 713	1 319 713
2021		1 643 544	1 643 544
2022		1 881 008	1 881 008
2023		1 999 016	1 999 016
2024		2 008 215	2 008 215
2025		1 941 911	1 941 911
Total	2 680 037	13 614 411	10 934 374

■ **Tabla 5. Indicadores económicos de la tecnología.**

Table 5. Economic indicators of technology.

Indicador económico	Valor
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 10 934 374
Tasa Interna de Retorno (TIR)	16.5 %
Relación Beneficio Neto (R B/C)	5.1

jol fue una buena alternativa de inversión, porque se obtuvo una rentabilidad más alta que la de la tasa de referencia. Por todo lo anterior, se puede deducir que el paquete tecnológico para la producción de frijol en condiciones de temporal representa una opción eficiente en la asignación de recursos de investigación, ya que la inversión realizada retribuyó económicamente a los productores y la sociedad, y el impacto será mayor si au-

menta el número de los productores que adopten la tecnología productiva propuesta.

Al realizar esta evaluación, el INIFAP cuenta con información sobre el impacto de los productos que está creando y sobre la retribución económica que la sociedad obtiene por los recursos recibidos para la generación de tecnología. La información también puede ser tomada como referencia por el orden gubernamental para la definición de políticas públicas, ya que, si la innovación tecnológica produce un impacto económico positivo, se puede utilizar como un elemento para la definición de programas de extensión, capacitación y apoyo, que propicien el bienestar en las familias campesinas que aún no la utilizan.

Consideraciones para la evaluación de impactos económicos

Como se ha mostrado, la investigación como bien público tiene retornos en el corto, mediano y largo plazo, cuando existe una transferencia directa al sector productivo. En el corto y mediano plazo, se puede obtener a través de la comparación de la tecnología tradicional contra la tecnología innovadora, y esta última debe tener la característica de incrementar la productividad a través del mayor rendimiento o disminución de los costos. En este tipo de impacto, la variación del ingreso neto es uno de los indicadores que se pueden utilizar, y para esto se requiere identificar unidades de producción que utilizan la tecnología y compararla con unidades que emplean la tecnología tradicional. El reto para evaluar este impacto consiste en identificar adecuadamente la tecnología, la región donde se está utilizando y sobre todo los productores que realmente la adoptan.

En el largo plazo, el impacto económico, a nivel de la sociedad, es el que puede determinar el efecto que tiene la tecnología en el bienestar. Una de las características de este es que se requiere de un periodo de tiempo largo, en el cual, los usuarios de la tecnología la hayan empleado en sus sistemas de producción y que esto genere información para medir los beneficios reales. El periodo de evaluación dependerá del tipo de tecnología que se quiera evaluar; por ejemplo, González y Wood (2006) mostraron en sus resultados que, en el caso del mejoramiento genético de algunas semillas como maíz, frijol y cebada, la inversión comienza a dar rendimientos positivos a la sociedad a partir del décimo año; mientras que, existen otro tipo de tecnologías, como la implementación de alguna técnica agronómica, que requiere en promedio de 5 años para que el uso de la tecnología arroje beneficios positivos. Es por lo anterior que, Dias y col. (2008), recomiendan estimar la tasa de retorno de la inversión en investigación agropecuaria para un periodo proyectado de 10 a 15 años. Adicionalmente, si las instituciones de investigación quisieran

medir el impacto económico a nivel sociedad sobre el uso de las tecnologías que generan, requieren establecer una estrategia de recopilación de información que abarque desde el momento de plantear el proyecto de investigación, la generación de la tecnología y el proceso de transferencia y adopción, con la finalidad de tener disponibles los datos necesarios para estimar los indicadores.

CONCLUSIONES

La evaluación del impacto económico que genera el uso del paquete tecnológico para la producción de frijol en zonas de temporal de la región norte centro de México, revela la importancia de destinar inversión pública a la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, sobre todo en aquella que puede detonar en el mediano plazo una mayor productividad y crecimiento económico en el sector agropecuario del país. En un primer plano, los productores que implementan el paquete tecnológico en sus sistemas de producción obtienen una variación positiva en su ingreso neto; además, incrementan la productividad de su sistema al obtener mayores rendimientos y un menor costo medio de producción. Por otro lado, la evaluación del impacto económico a nivel sociedad determina que los mexicanos son beneficiados al destinar recursos económicos en la generación y proceso de adopción de esta tecnología, puesto que los beneficios económicos netos que se obtendrán serán mayores a la inversión realizada. En suma, el paquete tecnológico para la producción de frijol en condiciones de temporal es una tecnología que justifica la inversión realizada para su generación, y que además contribuye al bienestar de los productores agrícolas y de la sociedad. La evaluación de impacto económico realizada en este trabajo es un ejemplo de cómo medir las aportaciones de la investigación científica y la adopción de tecnología. Si bien, los resultados obtenidos no se pueden generalizar para todas las inversiones en ciencia, la metodología sí puede ser replicada en evaluaciones de tecnologías con características similares. Es preciso continuar

con la evaluación de impactos por el uso de tecnologías en el sector agropecuario y fores-

tal, que además de lo económico, deben considerar el impacto social y ambiental.

REFERENCIAS

- Ayala-Garay, A. V., Rivas-Valencia, P., Cortes-Epiniza, L., De-la-O-Olán, M., Escobedo-López, D. y Espitia-Rangel, E. (2014). La rentabilidad del cultivo de amaranto *Amaranthus* spp. en la región centro de México. *Ciencia Ergo-Sum*. 21(1): 47-54.
- Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., De-la-O-Olán, M., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G. y Rivas-Valencia, P. (2013). Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 10(4): 381-395.
- Borja-Bravo, M., Osuna-Ceja, E. S., Arellano-Arciniega, S., García-Hernández, R. V. y Martínez-Gamino, M. A. (2018). Competitividad y eficiencia en la producción de frijol en condiciones de temporal con tecnología tradicional y recomendada. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 41(4): 443-450.
- Carrillo-Martínez, C. J., Álvarez-Fuentes, G., Aguilar-Benítez, G., García-López, J. C. y Contreras-Servín, C. (2019). Rentabilidad de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y chile (*Capsicum annuum*) en el municipio de Morelos, Zacatecas. *Acta Universitaria*. 29(2019): 1-16.
- Dias, A. A. F., Stachetti, R. G. y Vedovoto, G. L. (2008). *Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: Metodologia de referencia*. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica. 189 Pp.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2004). Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principios. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5673s/y5673s00.htm#Contents>. Fecha de consulta: 24 de enero de 2019.
- González-Estrada, A., Camacho-Casas, M. A. y Villaseñor-Mir, H. E. (2018). *Impactos económicos, sociales y ambientales de la variedad de trigo CIRNO*. México: Publicación técnica No. 31. Serie: estudios de evaluación del impacto económico de productos del INIFAP. 56 Pp.
- González, E. A. y Wood, S. (2006). *Impactos económicos de tecnologías para el campo mexicano* (Libro científico No. 1.). México: INIFAP. 411 Pp.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). Mapa digital de México. [En línea]. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIxLjkxMDUyLGxvbjotMTAwLjMzMzI4LHo6N-CxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Infante, G. S. y Zárate, L. G. P. (1990). *Métodos estadísticos: un enfoque multidisciplinario* (Segunda edición). México: Ed. Trillas. 643 Pp.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2018a). Proyectos de investigación. [En línea]. Disponible en: http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Investigacion_Innovacion/Contenido/Proyectos_Investigacion.aspx. Fecha de consulta: 15 de enero de 2019.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2018b). Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI). [En línea]. Disponible en: <http://login.inifap.gob.mx/>. Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018.
- Ireta-Paredes, A. R., Pérez-Hernández, P., Bautista-Ortega, J. y Rosas-Herrera, E. L. (2018). Análisis de la red de valor de la calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Campeche, México. *Agrociencia*. 52(1): 151-167.
- Luna-Mena, B. M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Santoyo-Cortés, V. H. y Rendón-Mendel, R. (2016). Factores e innovaciones para la adopción de semillas mejoradas de maíz en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. (15): 295-3007.
- Magalhães, M., Irias, L., Rodigheri, H., Vedovoto, G. y Wander, A. (2004). Sistema de avaliação dos impactos econômicos e ambientais da Embrapa-Estudo de caso. [En línea]. Disponible en: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141266/1/2004-Honorino-SOBER-Sistema-de-Avaliacao.pdf>. Fecha de consulta: 12 de junio de 2018.
- Nozar, G. (2007). Evaluación del impacto económico, social y ambiental de la investigación de INIA en arroz y lechería. Periodo 1990-2005. [En línea]. Disponible en: http://argus.iica.ac.cr/Esp/organizacion/LTGC/TecnologiaeInnovacion/Publicaciones_TeI/EvalImpacto_INIA_arroz_leche.pdf. Fecha de consulta: 12 de junio de 2018.

Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S. y Martínez-Gamiño, M. A. (2012). Rendimiento de frijol pinto saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(7):1389-1400.

Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A. y Figueroa-Sandoval, B. (2013). Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(8):1209-1221.

Robles, V. M., Rendón, M. R., Toledo, J. U. y Díaz, J. J. (2016). Adopción de prácticas de agricultura de conservación en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. (15):3103-3113.

Rodrigues-de-Alencar, J., Herruzo, C., Hoeflich, V. A. y Batista-de-Oliveira, E. (2004). Impactos econômicos da pesquisa e desenvolvimento de um sistema informatizado para manejo florestal de *Pinus* SPP. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. 21(3):425-446.

Salas-González, J. M., Leos-Rodríguez, J. A., Sarganaga-Villegas, L. M. y Zavala-Pineda, M. J. (2013). Adopción de tecnologías pro productores del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4(2):243-254.

Sánchez-Toledano, B. I., Ramírez, A., Domingo, M., Rumayor-Rodríguez, A. F. y Reveles-Torres, L. A. (2012). Impacto económico, social y ambiental del manejo integral de huertos de durazno en Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(2):373-379.

Sonnino, A. y Ruane, J. (2013). La innovación en agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria: el caso de las biotecnologías agrícola. In Hodson y Zamudio (Eds), *Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia* (pp. 25-52). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Swenson, A. and Haugen, R. (2013). Projected 2014 crop budgets. North West, North Dakota. NDSU, extension service. [En línea]. Disponible en: <http://www.ag.ndsu.edu/williamscountyextension/agriculture/projected-2014-crop-budgets-for-north-west-north-dakota/view>. Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2017.

Ugalde-Acosta, F. J., Tosquy-Valle, O. H., Lopez-

Salinas, E. y Francisco-Nicolas, N. (2011). Productividad y rentabilidad del cultivo de frijol con riego en Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*. 22(1):29-36.