

FACTORES DETERMINANTES EN INNOVACIONES TECNOLÓGICAS: VARIEDAD DE FRIJOL PINTO SALTILLO

DETERMINANT FACTORS IN TECHNOLOGICAL INNOVATIONS: PINTO SALTILLO BEAN VARIETY

Juan Crisóstomo Hernández Álvarez¹, Blanca Isabel Sánchez-Toledano^{2*}, Marco Andrés López-Santiago³, Ramón Valdivia-Alcalá¹ y Oscar Palmeros-Rojas⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH), División de Ciencias Económico-Administrativas. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. ²Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. ³UACH, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México. ⁴UACH, Departamento de Matemáticas, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (toledano.blancaisabel@gmail.com, sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

RESUMEN

El frijol es un cultivo importante en la nutrición campesina mexicana debido a su aporte de proteína vegetal, lo que representa seguridad y soberanía alimentaria a las comunidades rurales; sin embargo, registra baja productividad. Una de las estrategias implementada por instituciones gubernamentales para mejorar el rendimiento es la transferencia y adopción de variedades mejoradas de frijol. El objetivo de la presente investigación fue analizar la adopción en el tiempo de la variedad mejorada de frijol Pinto Saltillo y los factores asociados con este proceso de adopción mediante el análisis de supervivencia (AS). Los datos fueron recolectados en 2021 a través de un cuestionario dirigido a 203 productores de frijol en los estados de Zacatecas y Durango, México. Se encontró que la adopción de Pinto Saltillo a 2021 fue de 87 %, mientras que la probabilidad de que un agricultor abandone la tecnología antes de cuatro años fue de 13.5 %. Las variables que contribuyeron a la permanencia de adopción fueron el rendimiento, los ingresos derivados de la agricultura, los ingresos por la producción de frijol Pinto Saltillo y la percepción de la falta de innovaciones tecnológicas. Para mejorar el rendimiento de frijol se necesita que la difusión de innovaciones tecnológicas se haga a través de técnicos especialistas. Lo anterior permite que los agricultores reciban información confiable y exacta acerca de la importancia de la permanencia con la innovación tecnológica. El análisis de supervivencia examina los cambios en los factores explicativos en relación con los agricultores y otros cambios a lo largo del tiempo.

Palabras clave: *Phaseolus Vulgaris* L., análisis de supervivencia, modelo de riesgo proporcional de Cox, variedad mejorada.

SUMMARY

Common bean is an important crop in Mexican peasant nutrition due to its contribution of vegetable protein, which represents food security and sovereignty for rural communities; however, it has low productivity. One of the strategies implemented by government institutions to improve yield is the transfer and adoption of improved bean varieties. The objective of this research was to analyze adoption over time of the improved bean variety Pinto Saltillo and determining factors associated with this adoption process through survival analysis (SA). Data were collected in 2021 through a questionnaire addressed to 203 bean producers in the states of Zacatecas and Durango, Mexico. The adoption of Pinto Saltillo at 2021 was found to be 87 %, while the probability of a farmer abandoning the technology within four years was 13.5 %. The variables that contributed to the permanence of adoption were yield, income from farming, income from Pinto Saltillo bean production, and perceived lack of technological innovations. To improve bean yields, it is

necessary that the dissemination of technological innovations is done through specialized technicians. This allows farmers to receive reliable and accurate information about the importance of staying with technological innovation. Survival analysis examines changes in explanatory factors about farmers and other changes over time.

Index words: *Phaseolus vulgaris* L., Cox proportional hazard model, improved variety, survival analysis.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) mencionó que, en México, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es apreciado como uno de los cultivos de mayor importancia en la economía campesina, además representa seguridad y soberanía alimentaria vía autoconsumo para las comunidades rurales (INEGI, 2019). En 2021 a nivel nacional se sembraron 1,690,247 ha de frijol y se obtuvo una producción de 1, 288,807 toneladas, con un valor de \$ 20,514,764,280 pesos MXN (SIAP, 2021). El 58 % del valor se generó en los estados de Zacatecas (28.9 %), Sinaloa (19.5 %) y Durango (9.6 %) (SIAP, 2021). A nivel nacional se cultivaron 520,762 ha de la variedad Pinto Saltillo, con un valor de \$ 5,246,676,520 pesos MXN. Los agricultores de Zacatecas sembraron 177,406 ha de Pinto Saltillo, con un valor de \$1,547,956,190 (26.1 %) pesos MXN, mientras los productores de Durango sembraron 171,559 ha de dicha variedad, con un valor de \$ 1,596,549,670 (26.9 %) pesos MXN (SIAP, 2021).

De acuerdo con Sánchez *et al.* (2006) los bajos rendimientos de frijol en el Altiplano de México se debieron a factores biológicos (plagas, germoplasma susceptible a enfermedades, semillas de baja calidad), ambientales (sequía, lluvias atemporales) y económicos (insumos). Aunado a ello, Gallegos-Infante *et al.* (2005) mencionaron que la comercialización del frijol Pinto se ve limitada por su reducida vida de anaquel debido al oscurecimiento de la

testa de la semilla. Por ello, teniendo en cuenta todos estos factores y para dar solución integral a la problemática, se desarrolló la variedad de frijol Pinto Saltillo (Sánchez *et al.*, 2006). Al respecto, Challinor *et al.* (2016) afirmaron que para garantizar la futura producción de alimentos es necesario que las variedades de cultivos se adapten mejor a las nuevas condiciones climáticas y éstas sean adoptadas por los productores.

La adopción de innovaciones se entiende como el uso de tecnología que permite crear un potencial productivo y mejorar la competitividad en los procesos productivos (Pérez *et al.*, 2016). Un estudio realizado con agricultores escoceses mostró que las características económicas son las que más influyen tanto en la adopción de nuevas tecnologías como en la intención de adoptarlas (Toma *et al.*, 2018); sin embargo, Teklewold *et al.* (2013) indicaron que los factores limitantes de adopción de una nueva tecnología en el proceso de producción se pueden agrupar en tres categorías: a) características y comportamiento de los agricultores, b) características y ventajas de la nueva tecnología y c) aspectos institucionales. Para disminuir el problema de la baja adopción de tecnologías es necesario entender la heterogeneidad de los agricultores teniendo en cuenta no solamente sus características socioeconómicas y las de sus explotaciones, sino también sus actitudes y preferencias del riesgo percibido hacia las semillas mejoradas (Sánchez-Toledano *et al.*, 2018). En este sentido, Pérez (2019) indicó que las instituciones (universidades y centros de investigación) que generan y transfirieren tecnología agrícola tienen un impacto positivo en la innovación del país; sin embargo, la transferencia es insuficiente, incluso a pesar del gran desarrollo; por ello, se deben realizar estudios que documenten el grado de adopción y ayuden a explicar las motivaciones de los agricultores a esta renuencia a la adopción.

Existen publicaciones que analizan la adopción y difusión de innovaciones tecnológicas, pero se limitan a determinar la tasa de adopción y los factores que contribuyeron a la misma en un momento determinado (Ávila *et al.*, 2011; Del Angel-Pérez *et al.*, 2018; Kafle, 2010). No obstante, la utilización del análisis de supervivencia en el tema de la adopción de tecnología agrícola es limitado. El análisis de supervivencia es una técnica apropiada para analizar respuestas binarias en estudios longitudinales o de seguimiento que se caractericen por la duración del seguimiento y observaciones incompletas las cuales dan lugar a los llamados datos censurados útiles para el estudio (Rebasa, 2005). Esta herramienta estadística se ha utilizado en el ámbito agrícola como por ejemplo para modelar la adopción del ajo y sus factores determinantes (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021); modelar la adopción de tecnología sostenible (Marchetti *et al.*, 2020), analizar de

la conservación del laboreo (Nemati *et al.*, 2020), modelar la adopción de variedades mejoradas (Ofori *et al.*, 2020), adopción de fertilizantes y herbicidas (Zhang *et al.*, 2020) y conocer la adopción de maíz mejorado por productores de Chiapas (Sánchez-Toledano *et al.*, 2018). En el cultivo de frijol no se cuentan con estudios que aborden esta metodología, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar la adopción en el tiempo de la variedad mejorada de frijol Pinto Saltillo y los factores asociados con este proceso de adopción mediante el análisis de supervivencia (AS) en Durango y Zacatecas, México. Lo anterior permitirá generar estrategias para promover la adopción y permanencia de la tecnología de la variedad Pinto Saltillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Centro Norte de México integrado por los estados de Zacatecas, Durango y Chihuahua es la principal región productora de frijol del país y para Zacatecas y Durango, el frijol es uno de los cultivos más importantes dentro del sector agrícola (SIAP, 2021). En 2021 el estado de Zacatecas sembró el 54.5 % del total de la superficie agrícola con frijol en México, con una participación de 25.8 % del valor de la producción agrícola estatal. En Durango la superficie sembrada con frijol representó el 33.2 % y contribuyó con 16.7 % del valor de la producción agrícola de la entidad. Las principales variedades de frijol cultivadas en Zacatecas fueron: Negro San Luis (36.8%) y Pinto Saltillo (26.4%), mientras que en Durango las variedades sembradas son: Pinto Saltillo (79.8%) y Negro San Luis (14.4%) (SIAP, 2021).

Descripción de la tecnología INIFAP

Sánchez *et al.* (2006) mencionaron que la variedad Pinto Saltillo es de crecimiento indeterminado postrado tipo III, con una altura de dosel de 38 a 44 cm y guías de 84 cm de longitud. La floración ocurre entre 38 y 60 días después de la siembra, y la madurez fisiológica entre 87 y 115 días. El tiempo de desarrollo depende de las condiciones de siembra, y es más largo en condiciones de riego y días largos y cálidos. La variedad tiene semillas de tamaño mediano, con peso de 31 a 34 g por 100 semillas. La semilla es elíptica en su corte transversal y tiene una forma externa romboédrica y semi-arriñonada.

En evaluaciones de rendimiento entre 1996 y 1999 en 26 ambientes del Altiplano de México, en condiciones de temporal se obtuvo un promedio de 1139 kg ha⁻¹ y desde 262 kg ha⁻¹ en ambientes más críticos hasta 2,512 kg ha⁻¹ en ambientes más favorables (Sánchez *et al.*, 2006). Así mismo, en evaluaciones hechas entre 2006 y 2008 en

el estado de Durango, Sánchez *et al.* (2006) reportaron rendimientos promedio de 1434 kg ha⁻¹ con fluctuaciones entre 545 kg ha⁻¹ en el ambiente más crítico en el año 2007, hasta 2613 kg ha⁻¹ en el más favorable durante 2006.

Las ventajas competitivas de la variedad de frijol Pinto Saltillo fueron la resistencia a la sequía intermitente, el oscurecimiento lento del grano, disminución de tiempo de cocción, aumento de los rendimientos y mayores beneficios (Sánchez *et al.*, 2006).

Definición del tamaño de la muestra

La información analizada se obtuvo a través de una encuesta personal cara a cara, aplicada entre agosto y octubre de 2021 a una muestra de 203 productores estratificados por variedad de semilla utilizada (Pinto Saltillo, Negro San Luis) y por estado (Zacatecas y Durango). Para calcular el tamaño de la muestra se tomó como base a los productores registrados en el Programa Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020). La población total de productores afiliados al Programa Bienestar de los estados de Zacatecas y Durango fue de 6529. El tamaño de muestra se calculó con la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significancia (α) de 5 % ($Z = 1.96$) y un nivel máximo de error de 6.87 % (Rojas, 2005). Se aplicó a cada productor un cuestionario con 35 preguntas de tipo cerrado y abierto, el cual se probó antes de su aplicación definitiva ($n=10$). Las variables incluidas en el cuestionario se dividieron en los siguientes apartados siguiendo la clasificación presentada por Kallas *et al.* (2010): datos del productor, edad, escolaridad, años de producir frijol, número de hectáreas sembradas con frijol, régimen de humedad, ciclo, costos de producción, rendimiento, precio y lugar de venta.

Análisis de información

A continuación, se define a detalle el análisis de supervivencia (AS). El AS analiza tres funciones relevantes: función de supervivencia, densidad de probabilidad y función de riesgo. Sea T una variable aleatoria (v.a.) no negativa que mide el tiempo hasta que ocurre un evento de interés. Considerar una muestra aleatoria de n tiempos de duración $t_1 < t_2 < \dots < t_n$. Si $f(t)$ denota la función de densidad de probabilidad (FDP) de la variable aleatoria T , la distribución de la duración se define como la función de distribución acumulada (FDA) (Martín-Conejero, 2022); es decir:

$$F(t) = P[T \leq t] = \int_{-\infty}^t f(r) dr \quad (\text{Ec. 1})$$

La Ecuación 1 determina la probabilidad de que T sea menor o igual que t ; sin embargo, en el AS, el objetivo es determinar la probabilidad de que T sobreviva al menos hasta t ; por lo tanto, la probabilidad está determinada por la función de supervivencia $S(t)$, definida como:

$$S(t) = 1 - F(t) \quad (\text{Ec. 2})$$

La función de riesgo $h(t)$ se define como la probabilidad de que un agricultor permanezca en la tecnología mejorada en el momento t , dado que ha permanecido utilizando la tecnología hasta el momento t , es decir:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \quad (\text{Ec. 3})$$

Existe una relación bien definida entre $f(t)$, $F(t)$, $S(t)$, y $h(t)$. De hecho, si se conoce cualquiera de ellas, se pueden determinar las demás a través del resultado siguiente:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{d\left(\frac{F(t)}{S(t)}\right)}{dt} \quad (\text{Ec. 4})$$

Sea T el tiempo de fallo y $x = (x_1, \dots, x_k)'$ un vector de covariables disponibles. El motivo de estudio de esta investigación consiste en determinar la relación entre T y x . Cuando se incluyen variables explicativas adicionales en el AS, es necesario redefinir la función de riesgo y reformularla como una función condicional sobre estas variables (Martín-Conejero, 2022):

$$h(t, \theta, x, \beta) = \lambda_0(t, \theta) \lambda(x, \beta) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde: β es un vector de parámetros desconocidos, x un vector de variables explicativas que pueden incluir variables invariantes y variables en el tiempo variables, θ un vector de parámetros de la tasa de riesgo.

A partir de la Ecuación 5 se observa que la función de riesgo $h(t, \theta, x, \beta)$ se divide en dos componentes. El primer componente fue la función de riesgo inicial $\lambda_0(t, \theta)$, que es igual al riesgo cuando todas las covariables son cero y, por lo tanto, no depende de las características individuales. Este componente capta la forma en que la tasa de riesgo varía a lo largo del tiempo de duración. El segundo componente fue la parte del riesgo que depende de las características del sujeto $\lambda(x, \beta)$.

Para realizar la regresión en supervivencia, se utiliza $\lambda(x, \beta) = e^{\alpha\beta}$; por lo tanto, el modelo de riesgo proporcional de Cox se define como (Cox, 1972; San-José *et al.*, 2009):

$$h(t, |x) = \lambda_0(t) \exp(x\beta) = \lambda_0(t) \exp(x_1 \beta_1 + \dots + x_k \beta_k). \tag{Ec. 6}$$

Con este modelo semi paramétrico no hay que hacer suposiciones sobre la forma de la función de riesgo base $\lambda_0(t)$. En general, dentro del contexto de regresión, en lugar de trabajar con el tiempo de falla, se modela el logaritmo del tiempo T , esto permite evaluar por separado las componentes de distribución y de regresión. Al tomar el logaritmo a la ecuación (6), el modelo PH queda lineal con respecto a $x\beta$, es decir:

$$\log \lambda(t|x) = \log \lambda(t) + x\beta \tag{Ec. 7}$$

La interpretación del modelo de Cox es: si $\hat{\beta}_i$ es el coeficiente estimado correspondiente a la variable x_i (variable continua), $\exp(\hat{\beta}_i)$ representa el riesgo relativo cuando x_i aumenta una unidad, manteniendo constantes todas las demás variables. Para variables dicotómicas, $\exp(\hat{\beta}_i)$ es un estimador de la tasa de riesgo (tasa riesgo = RR) y se interpretó como el incremento de riesgo derivado de la presencia $x_i = 1$ de cada covariable en relación con su ausencia $x_i = 0$. La estimación de los parámetros del modelo se realizó utilizando librerías para análisis de supervivencia, incluidas en el software estadístico R, versión 4.2.2, (R CoreTeam, 2023)

La variable de estudio midió el tiempo que los productores llevan utilizando la tecnología de frijol variedad Pinto Saltillo. La permanencia, una variable dependiente, puede verse afectada por una amplia gama de factores, entre ellos características relacionadas con la innovación, como la política, la economía, las expectativas, la estructura jerárquica, el ambiente socioeconómico, las opiniones, los objetivos y el impacto percibido (Kallas *et al.*, 2010).

Se incluyó una variable Dummy (1 y 0) para evaluar el efecto de apoyos económicos que recibieron los agricultores por parte del gobierno. Se realizaron dos tipos de análisis estadístico: semi paramétrico y no paramétrico. El análisis no paramétrico de los tiempos de adopción se llevó a cabo utilizando la función de supervivencia estimada de Kaplan-Meier. También, se obtuvieron las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier para cada variable y se utilizó la prueba logrank con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para determinar si existía diferencia significativa al considerar a la variable de interés (igualdad de los tratamientos). Se utilizó el análisis semi paramétrico con el modelo de riesgo proporcional de Cox para analizar todas las variables de la encuesta (San-José *et al.*, 2009), destacando las variables que influyeron significativamente en la permanencia de la tecnología; además, se aplicaron las pruebas de razón de verosimilitud, Wald y de puntuación (logrank).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo de variables hipotéticas

Se determinaron las estadísticas descriptivas de las principales variables que influyeron en el tiempo de adopción de la tecnología por parte de los agricultores (Cuadro 1). Los agricultores se dividieron en dos grupos al momento del análisis, el 13 % fueron no adoptantes y el resto (87 %) fueron adoptantes. Los adoptantes tenían una media de nueve años de educación, su edad promedio fue de 54 años y el tamaño del hogar fue de cuatro miembros; este grupo conoció la tecnología a través de un técnico y en promedio contó con 27.8 hectáreas sembradas con esta variedad de frijol con la que producen 0.70 t ha⁻¹. De sus ingresos totales familiares, el 69 % procedió de la agricultura, mientras que el 52 % correspondió de la siembra de frijol. Comparativamente, los no adoptantes solo contaron con educación básica (seis años de educación), su edad promedio fue de 48.5 años, el tamaño del hogar fue de tres miembros; a diferencia de los adoptantes, solo tenían disponible para la siembra de frijol 21.3 hectáreas con una producción de 0.65 t ha⁻¹. Sus ingresos familiares dependieron de la agricultura en el 21 % de los casos, y del cultivo de frijol en un 22 %. Damián *et al.* (2007) encontraron que la tecnología disponible para los cultivos mejora su rendimiento y calidad si se utiliza en forma adecuada; no obstante, solo el 1.5 % de los agricultores tiene una alta apropiación de la tecnología.

Análisis econométrico

El método de Kaplan-Meier permitió examinar a detalle el tiempo que los agricultores permanecen con la tecnología. La curva mostró que a 2021 el 14.48 % de los productores cultivaron la variedad de frijol Pinto Saltillo durante cuatro años y el 82 % tuvieron una duración de cinco años (Figura 1). La aseveración preliminar confirmó que el riesgo acumulado de permanencia fue de 3.45 % (Figura 2). El agricultor permaneció los primeros años; después de este tiempo, se observó un incremento en el riesgo de abandono que, en la mayoría de los casos, se debió a la influencia de decisiones colectivas alternas.

Por medio del AS a un nivel de confianza $\alpha = 0.05$, se encontró que las variables que tuvieron influencia en la adopción y permanencia de la tecnología fueron: recibir apoyo del estado, el nivel educativo, el medio por el cual conoció la tecnología, la asistencia de un técnico, la falta de innovaciones tecnológicas, pertenencia a una organización, asistencia a demostraciones de campo, venta de su producción a un mayorista e intermediarios. El rendimiento no fue una variable que influyera en la adopción. La diferencia entre los grupos está dada por las

Cuadro 1. Descripción de las variables cualitativas y cuantitativas.

Variables cuantitativas				
Covariables	Adoptantes		No adoptantes	
	Media	Desviación	Media	Desviación
Variable dependiente				
Tiempo	Años que lleva usando la variedad de frijol Pinto Saltillo hasta 2021			
Variables explicativas				
Edad del agricultor en años	54.2	13.2	48.5	16.1
Año desde que se dedica a la siembra de frijol	1992	14.5	1996	16.4
Año desde que es el responsable de esta explotación	1995	13.7	1998	15.5
Ingresos familiares agricultura (%)	69.2	38.6	20.8	8.0
Ingresos frijol (%)	51.9	27.0	22.1	6.1
Hectáreas plantadas con frijol	27.8	30.4	21.3	17.4
Rendimiento de frijol (t ha ⁻¹)	0.70	0.3	0.65	0.2
Precio de frijol (\$MXN/t)	17705.0	2156.7	14421.1	1635.2
Variables cualitativas				
Covariables		Adoptantes %	No adoptantes %	
Nivel de estudios	Primaria	40	42.0	
	Secundaria	37	32.0	
	Preparatoria	10	11.0	
	Universidad	12	16.0	
	Posgrado	1	0.0	
Productores con familiares	Con estudios universitarios	37	16	
	Sin estudios universitarios	63	84	
Tenencia	Ejidal	35	100	
	Pequeña propiedad	32	0	
	Rentada	7	0	
	Al partido	26	0	
Forma en que conoció la tecnología.	INIFAP	20	0	
	Parcela demostrativa	9	0	
	Folleto	5	42	
	Técnico	34	58	
	Otro	32	0	
Integrantes del hogar	Familias pequeñas (1-2)	20	11	
	Familias medianas (3-5)	66	89	
	Familias grandes (6-9)	14	0	
Integrantes del hogar trabajan en el cultivo	0	33	89	
	(1-2)	57	11	
	(3-5)	9	0	
	(6-8)	1	0	

Cuadro 1. Continuación.

Covariables	Variables cualitativas		
		Adoptantes %	No adoptantes %
Recibieron ayuda estatal en 2015	Si	15	0
	No	85	0
Cursos que tomó sobre temas agrícolas	0	54	100
	(1-3)	37	0
	mayor de 4	9	0
Pertenece a una organización	Si	15	0
	No	85	100
Percepción de necesidad de innovaciones tecnológicas	Totalmente de acuerdo	73.8	0
	De acuerdo	17.9	42
	Neutro	6.9	58
	En desacuerdo	0.7	0
	Totalmente en desacuerdo	0.7	0
Factores que afectan el rendimiento	Falta de recursos económicos	86	68
	Falta de asistencia técnica	1	0
	Falta de apoyos gubernamentales	10	32
	Falta de innovaciones tecnológicas	2	0
	Otro	1	0
En el 2020 o 2021 contrató seguro agrícola	Si	8	0
	No	92	100

variables mencionadas anteriormente; no obstante, los productores que recibieron apoyo económico por parte del gobierno estatal adoptaron la tecnología; sin embargo, la adopción duro cuatro años (Figura 3).

La fuente de la información es un factor que marca la diferencia en los agricultores que adoptaron la tecnología, sobre todo si está información proviene de una persona capacitada (técnico agrícola) ya que permanecen produciendo con dicha tecnología por mayor tiempo (Figura 4).

Los resultados concuerdan con lo señalado por Rogers (1995) en el sentido de que la calidad, fiabilidad y forma de difusión de la información en los adoptantes aumenta la probabilidad de adopción y permanencia. La información oportuna y de buena calidad sobre la nueva tecnología influyó en la decisión del agricultor de adoptarla y permanecer. Si bien, la adopción de variedades mejoradas contribuye al aumento de la productividad, el uso debe

complementarse con otras innovaciones y materiales que les permitan expresar todo su potencial genético.

Con el modelo de riesgo proporcional de Cox se estimaron cuatro covariables asociadas con la permanencia de la variedad de frijol Pinto Saltillo, las cuales explicaron el 83.7 % de la variación en el tiempo de permanencia (Cuadro 2).

Se identificó que el riesgo de abandono de la variedad frijol Pinto Saltillo por parte de los productores se incrementa al doble si los rendimientos disminuyen en una tonelada. Si existen otras variedades que proporcionen mayor rendimiento o con menor costo, los productores cambiarán variedad. Este resultado coincide con los estudios realizados con agricultores escoceses (Toma *et al.*, 2018), argumentando que las características económicas, como la orientación a los beneficios, la renta agraria, la inversión tecnológica y la mano de obra, son las variables que más influyen en la decisión de los agricultores de adoptar nuevas tecnologías. Igualmente, Turrent *et*

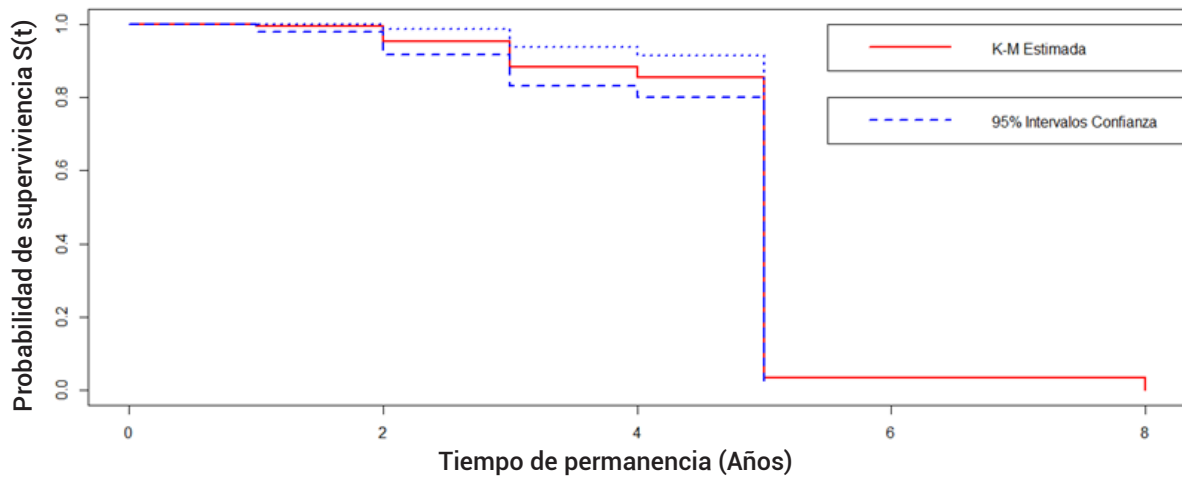


Figura 1. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier.

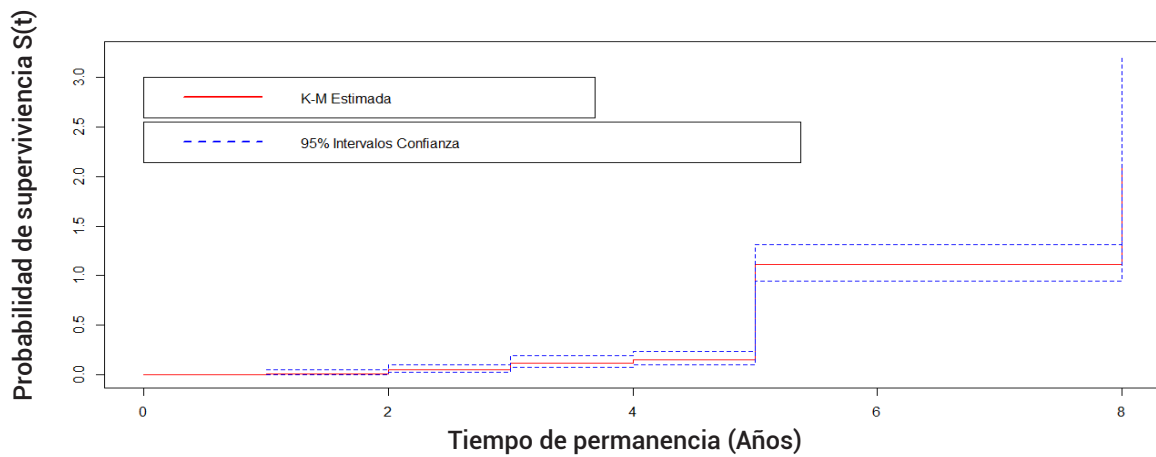


Figura 2. Curva de riesgo acumulado.

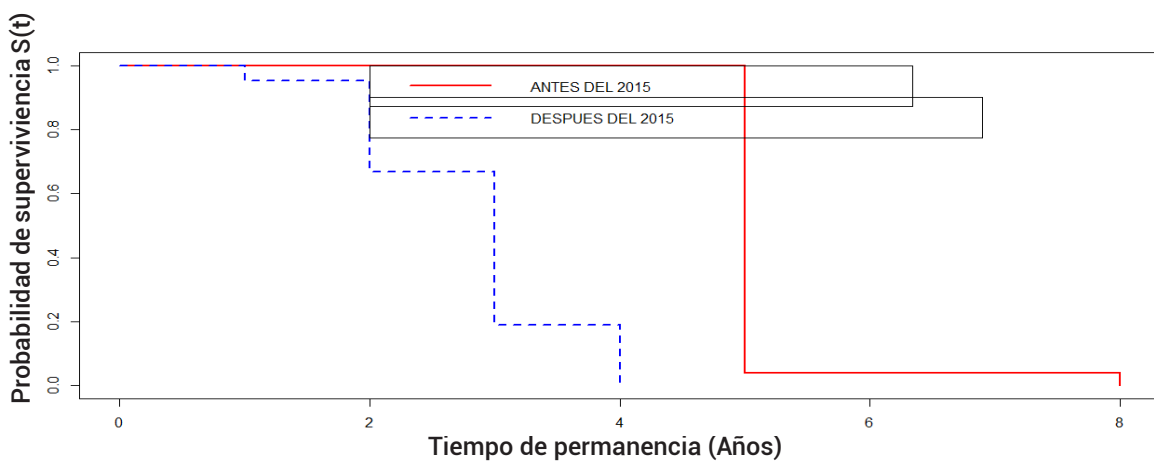


Figura 3. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier para apoyos estatales.

al. (2012) y Sánchez-Toledano *et al.* (2021) mencionaron que un aspecto importante que motiva a los productores a no abandonar la tecnología son los rendimientos esperados y el margen de beneficio. Asimismo, el riesgo de abandono de la tecnología se incrementa en seis veces si los agricultores perciben que la falta de innovaciones ha disminuido; tal efecto es claro, ya que si las innovaciones de otras variedades incrementan más que las innovaciones de la variedad utilizada, los agricultores tenderán a cambiar de variedad (Toma *et al.*, 2018).

Por otra parte, se observó que si los ingresos familiares que dependen de la agricultura disminuyen en una unidad, el riesgo de abandonar la variedad mejorada de frijol se incrementa en una probabilidad de 1 %; Asimismo, se observó que si los ingresos provenientes de Pinto Saltillo incrementan en una unidad, la probabilidad de riesgo de abandono se ve disminuida en 1 %. Los adoptantes cuentan con tres familiares trabajando en el cultivo de frijol, por lo que, si los ingresos se reducen, el riesgo de abandonar la variedad aumenta; esto se debe a que los agricultores buscan mantener el nivel de bienestar de su familia. Este resultado concuerda con lo que mencionan Di Falco y Bulte (2011), respecto al impacto negativo de los miembros de la familia en la tasa adopción.

En la Figura 5 se refleja la probabilidad condicional de que los productores permanezcan con la adopción de la variedad de frijol Pinto Saltillo en diferentes períodos de tiempo con respecto a los posibles valores de las covariables explicativas incluidas en el modelo (Cuadro 2). Con base en el tiempo de supervivencia estimado mediante la regresión del modelo de riesgo proporcional de Cox, la probabilidad de que un agricultor abandone antes de cuatro años fue de 13.5 %.

CONCLUSIONES

En la presente investigación evaluó el tiempo que el agricultor utilizó la variedad de frijol Pinto Saltillo y los factores asociados a la permanencia. Se observó que los factores socioeconómicos tienen influencia en la adopción de innovaciones tecnológicas. Las nuevas tecnologías deberían transmitirse por medio personas calificadas, ya que incrementan la probabilidad de que el agricultor utilice por más tiempo las innovaciones; es por ello, que las instituciones gubernamentales deben apoyarse de técnicos agrícolas, los cuales deben hacer énfasis en los ingresos, la producción y beneficios obtenidos al continuar utilizando dichas innovaciones. El apoyo económico por instituciones gubernamentales incrementa la adopción; sin embargo, se deben buscar mecanismo para que los productores puedan permanecer con la adopción en los años subsecuentes que no son beneficiados por dichas instituciones. El análisis de supervivencia aplicada a las tecnologías agrícolas permitió generar información socioeconómica de los productores de frijol Pinto Saltillo de los estados de Zacatecas y Durango que facilitará la implementación de políticas de adopción y permanencia de la tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

Ávila M. M. R., J. J. Espinoza A., H. González R., R. Rosales S., A. Pajarito R. y R. Zandate H. (2011) Caracterización de los productores, adopción e impacto económico del uso de la variedad de frijol "Pinto Saltillo" en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29:682-692.

Challinor A. J., A. K. Koehler, J. Ramirez-Villegas, S. Whitfield and B. Das (2016) Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. *Nature Climate Change* 6:954-958, <https://doi.org/10.1038/nclimate3061>.

Cox D. R. (1972) Regression models and life tables. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B* 34:187-220, <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1972.tb00899.x>

Damián H. M. Á., B. Ramírez V., F. Parra I., J. A. Paredes S., A. Gil M., A. Cruz L. y J. F. López O. (2007) Apropiación de tecnología por productores

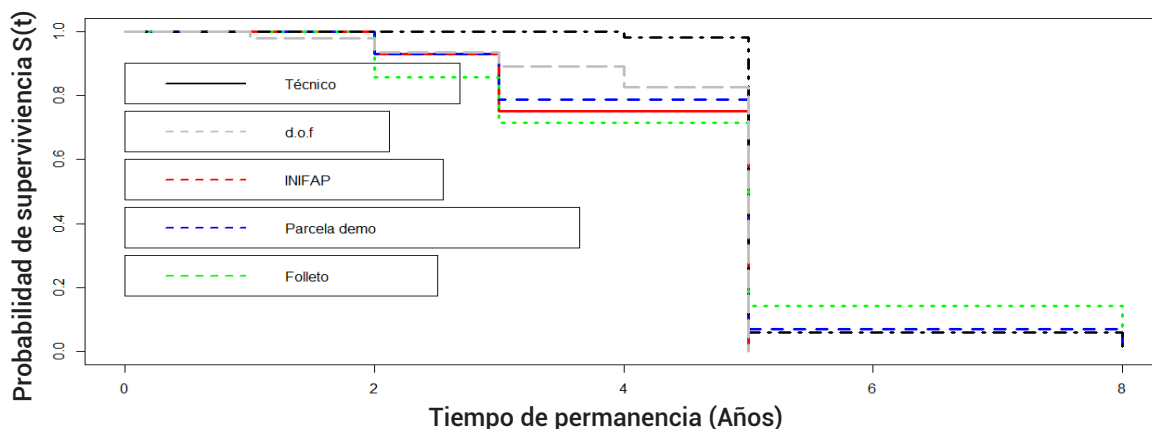


Figura 4. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por fuente de información sobre la tecnología.

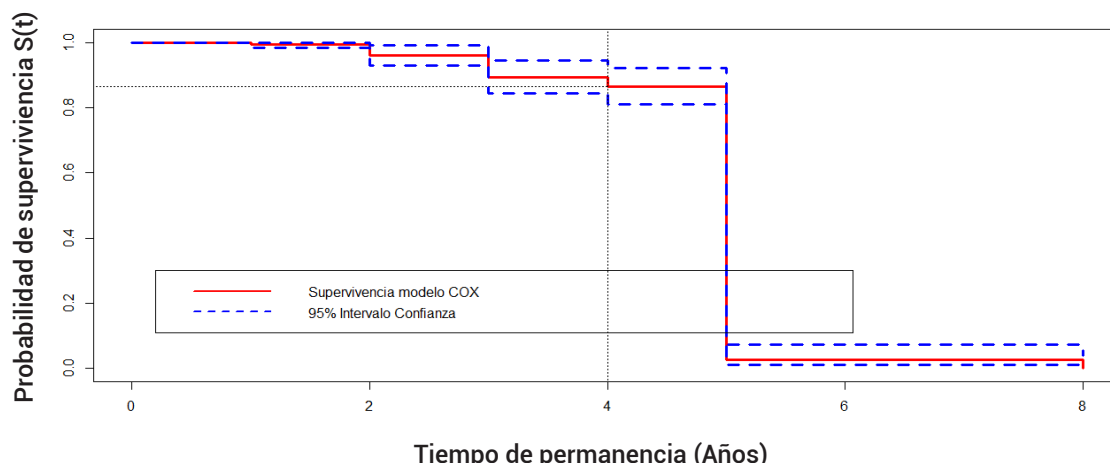


Figura 5. Curva de supervivencia utilizando variables del modelo de Cox.

Cuadro 2. Resultados del modelo proporcional de Cox sobre la permanencia de variedad de frijol Pinto Saltillo.

Variables	β	$\exp(\beta)$	p-value
Rendimiento	0.72	2.05	0.005***
La falta de innovaciones tecnológicas afecta el rendimiento	1.81	6.08	0.006***
Porcentaje de los ingresos familiares proceden de la agricultura	0.01	1.01	0.029**
Porcentaje de los ingresos procedentes del frijol	-0.01	0.99	0.000***

$R^2 = 0.837$
 Prueba de razón de verosimilitud = 22 con 4 gl, $P = 2 \times 10^{-04}$
 Prueba de Wald = 24.96 con 4 gl, $P = 5 \times 10^{-05}$
 Prueba de puntuación (logrank) = 24.29 con gl, $P = 6 \times 10^{-06}$

** , ***: nivel de significancia $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente."

de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica en México* 33:163-173.

Del Angel-Pérez A. L., J. A. Villagómez-Cortés, B. S. Larqué-Saavedra, J. Adame-García, C. A. Tapia-Naranjo, D. M. Sangerman-Jarquín y N. G. Uscanga-Pérez (2018) Preferencias y percepciones asociadas con semilla mejorada de maíz según productores de Veracruz Central, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9:163-173, <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.856>

Di-Falco S. and E. Bulte (2011). A dark side of social capital? Kinship, consumption, and savings. *Journal of Development Studies* 47:1128-1151, <https://doi.org/10.1080/00220388.2010.514328>

Gallegos-Infante J. A., N. E. Rocha-Guzmán, R. F. González-Laredo, F. J. Ibarra-Pérez and J. Huizar-Castillo (2005) Effect of polyphenol and sugar content on seed coat darkening of Pinto bean cultivars. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 48:54-55.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019) Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/> (Diciembre 2022).

Kafle B. (2010) Determinants of adoption of improved maize varieties in developing countries: a review. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 1:1-7.

Kallas Z., T. Serra and J. M. Gil (2010) Farmers' objectives as determinants of organic farming adoption: the case of Catalanian vineyard production. *Agricultural Economics* 41:409-423, <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00454.x>

Marchetti M., A. Ghirardi, A. Masciulli, A. Carobbio, F. Palandri, N. Vianelli, ...

and T. Barbui (2020) Second cancers in MPN: survival analysis from an international study. *American Journal of Hematology* 95:295-301, <https://doi.org/10.1002/ajh.25700>

Martín-Conejero A (2022) Sobrevivimos al análisis de supervivencia (segunda parte). *Angiología* 74:234-236, <https://doi.org/10.20960/angiologia.00394>

Nemati M., J. Ansary y N. Nemati (2020) Machine-learning approaches in COVID-19 survival analysis and discharge-time likelihood prediction using clinical data. *Patterns* 1:100074, <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100074>

Ofori E., T. Griffin and E. Yeager (2020) Duration analyses of precision agriculture technology adoption: what's influencing farmers' time-to-adoption decisions? *Agricultural Finance Review* 80:647-664, <https://doi.org/10.1108/AFR-11-2019-0121>

Pérez C. O. A. (2019) Innovación y transferencia de tecnología en México. Un análisis empírico de datos panel. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 10:1-17, <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.503>

Pérez G. R. O., H. Martínez B., B. López T. y R. Rendón M. (2016) Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. 15:2909-2923, <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.415>

R Core Team (2023) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (June 2023).

Rebasa P. (2005) Conceptos básicos del análisis de supervivencia. *Cirugía Española* 78:222-230, [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(05\)70923-4](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(05)70923-4)

- Rojas S. R. (2005) Guía para Realizar Investigaciones Sociales. 40a edición. Plaza y Valdez Editores. México, D. F. 237 p.
- Rogers E. M. (1995) Diffusion of Innovations. 4th edition. The Free Press. New York, USA. 518 p.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) Producción para el bienestar, un programa para las y los productores. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/produccion-para-el-bienestar-un-programa-para-las-y-los-productores?idiom=es> (Enero 2023).
- San José B., E. Pérez y R. Madero (2009) Métodos estadísticos en estudios de supervivencia. *Anales de Pediatría Continuada* 7:55-59, [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(09\)70453-6](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(09)70453-6)
- Sánchez V. I., J. A. Acosta G., F. J. Ibarra P., R. Rosales S. y E. I. Cuéllar R. (2006) Pinto Saltillo, nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. Folleto Técnico Núm. 22. Campo Experimental Saltillo, INIFAP. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Sánchez-Toledano B. I., Z. Kallas y J. M. Gil (2018) Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 49:269-287.
- Sánchez-Toledano B., V. Cuevas-Reyes, O. Palmeros R. y M. Borja B. (2021) Modeling the adoption of a garlic (*Allium sativum* L.) variety in Mexico through survival analysis. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 53:178-192, <https://doi.org/10.48162/rev.39.051>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (Enero 2023).
- Teklewold H., M. Kassie y B. Shiferaw (2013) Adoption of multiple sustainable agricultural practices in rural Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics* 64:597-623, <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12011>
- Toma L., A. P. Barnes, L. A. Sutherland, S. Thomson, F. Burnett, and K. Mathews (2018) Impact of information transfer on farmers' uptake of innovative crop technologies: a structural equation model applied to survey data. *The Journal of Technology Transfer* 43:864-881, <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9520-5>
- Turrent A., T. Wise y E. Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Reporte 24. Mexican Rural Development Research Reports; Wilson Center: Washington, DC, USA. 36 p.
- Zhang G., Q. Wang, M. Yang, X. Yao, X. Qi, Y. An, ... and X. Guo (2020) OSpaad: an online tool to perform survival analysis by integrating gene expression profiling and long-term follow-up data of 1319 pancreatic carcinoma patients. *Molecular Carcinogenesis* 59:304-310, <https://doi.org/10.1002/mc.23154>