



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

## DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

### MAESTRIA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

### FACTORES QUE DETERMINAN LA SUPERVIVENCIA DE LA TECNOLOGÍA, PINTO SALTILLO

#### TESIS

Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:

#### MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

**JUAN CRISÓSTOMO HERNÁNDEZ ÁLVAREZ**

**Bajo la supervisión de: Dr. Marco Andrés López Santiago**

Chapingo, Estado de México, junio de 2023



**APROBADA**



# **FACTORES QUE DETERMINAN LA SUPERVIVENCIA DE LA TECNOLOGÍA, PINTO SALTILLO**

Tesis realizada por **Juan Crisóstomo Hernández Álvarez**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

## **MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES**



DIRECTOR: \_\_\_\_\_

Dr. Marco Andrés López Santiago



CODIRECTOR: \_\_\_\_\_

Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano



ASESOR: \_\_\_\_\_

Dr. Ramón Valdivia Alcalá



ASESOR: \_\_\_\_\_

Dr. Zenón Hernández Álvarez

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo  
Autor: Juan Crisóstomo Hernández Álvarez  
Director de tesis: Marco Andrés López Santiago

---

## TABLA DE CONTENIDO

|       |                                                                                                                      |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....                                                                                | 12 |
| 1.1   | Planteamiento del problema .....                                                                                     | 13 |
| 1.2   | Objetivo.....                                                                                                        | 15 |
| 1.3   | Hipótesis .....                                                                                                      | 15 |
| 1.4   | Contenido de la tesis .....                                                                                          | 15 |
| 2     | CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                                                             | 17 |
| 2.1   | Contexto del frijol en México.....                                                                                   | 17 |
| 2.2   | Situación de las variedades mejoradas de frijol en México.....                                                       | 22 |
| 2.3   | Bases teóricas del análisis de supervivencia.....                                                                    | 24 |
| 2.4   | Adopción de innovaciones tecnológicas en la agricultura.....                                                         | 26 |
| 2.5   | Referencias.....                                                                                                     | 30 |
| 3     | CAPITULO 3. FACTORES DETERMINANTES EN LA PERMANENCIA DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS: VARIEDAD DE FRIJOL PINTO SALTILLO |    |
|       | 35                                                                                                                   |    |
| 3.1   | Resumen .....                                                                                                        | 36 |
| 3.2   | Abstract.....                                                                                                        | 37 |
| 3.3   | Introducción .....                                                                                                   | 38 |
| 3.4   | Materiales y Métodos.....                                                                                            | 41 |
| 3.4.1 | Área de Estudio.....                                                                                                 | 41 |
| 3.4.2 | Descripción de la Tecnología INIFAP.....                                                                             | 42 |
| 3.4.3 | Definición del Tamaño de la Muestra .....                                                                            | 43 |
| 3.5   | Análisis de información .....                                                                                        | 44 |
| 3.6   | Resultados y discusión .....                                                                                         | 49 |
| 3.6.1 | Análisis descriptivo de variables hipotéticas .....                                                                  | 49 |
| 3.6.2 | Análisis Econométrico .....                                                                                          | 51 |
| 3.7   | Conclusiones .....                                                                                                   | 56 |

|     |                                          |    |
|-----|------------------------------------------|----|
| 3.8 | Referencias.....                         | 58 |
| 4   | CAPITULO 4. Conclusiones generales ..... | 62 |
| 5   | CAPITULO 5. ANEXO .....                  | 64 |
| 5.1 | Encuesta realizada a productores .....   | 64 |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Descripción de las variables utilizadas en el análisis estadístico ....                                      | 50 |
| Cuadro 2. Resultados del modelo proporcional de Cox sobre la permanencia de<br>variedad de frijol Pinto Saltillo. .... | 54 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Comportamiento de la producción del frijol en México .....                                    | 18 |
| Figura 2. Comportamiento del rendimiento del frijol en México .....                                     | 18 |
| Figura 3. Valor de producción de frijol (%) por Estados.....                                            | 20 |
| Figura 4. Variedades de frijol sembradas por Estado en 2021 .....                                       | 20 |
| Figura 5. Participación en valor de producción por variedad de frijol en<br>Zacatecas 2021 .....        | 21 |
| Figura 6. Participación en valor de producción por variedad de frijol en Durango<br>2021 .....          | 21 |
| Figura 7. Área de estudio de los Estados productores de frijol de la región<br>centro norte.....        | 42 |
| Figura 8. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier. ....                                                  | 51 |
| Figura 9. Curva de riesgo acumulado. ....                                                               | 52 |
| Figura 10. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier para apoyos estatales. ...                            | 53 |
| Figura 11. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por fuente de información<br>sobre la tecnología..... | 53 |
| Figura 12. Curva de supervivencia utilizando variables del modelo de Cox. ....                          | 56 |

## ABREVIATURAS

|         |                                                                                                  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AD      | Análisis de Duración                                                                             |
| AS      | Análisis de Supervivencia                                                                        |
| CEDRSSA | Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria               |
| CIMMYT  | Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo                                             |
| FAOSTAT | Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación |
| INEGI   | Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática                                       |
| INIFAP  | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias                          |
| LDRS    | Ley de Desarrollo Rural Sustentable                                                              |
| SADER   | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural                                                     |
| SAGARPA | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentaria                      |
| SIAP    | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera                                               |
| SNICS   | Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas                                      |

## DEDICATORIAS

A mis padres: Zenón Hernández Cortez y Magdalena Álvarez Hernández, quiénes son y siempre han sido los cimientos en mi desarrollo. Les dedico cada uno de mis éxitos. A ustedes, infinitas gracias.

A la familia que me ha enseñado a valorar cada momento. Brindándome su apoyo y amor incondicional e inspirado, esperando el mejor desarrollo personal para su ser querido.

También a mis amigos: Abisai, Paulina, Jessi. Les agradezco a ustedes por acompañarme en este proceso de crecimiento profesional que se hizo más comfortable en cada momento. Gracias por cada segundo, experiencias y risas, por ayudarme a crecer.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, un gran agradecimiento a mi país y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo recibido para los estudios de la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, que forman una parte vital en el desarrollo de ser humano.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), especialmente a la División de Ciencias Económico-Administrativas (DICEA), por permitirme realizar mis estudios de posgrado, y apoyarme en cada momento en mis estudios.

A la Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por apoyarme con la base de datos de los productores para realizar las encuestas y obtener los datos para la investigación.

A los miembros del Comité Asesor, Dr. Marco Andrés López Santiago por guiarme y apoyarme en todo el proceso de la investigación. Al Dr. Oscar Palmeros Rojas que me apoyo en el análisis estadístico del programa R. Así mismo a los asesores: Dr. Ramón Valdivia Alcalá y al Dr. Zenón Hernandez Alvarez.



## DATOS BIOGRÁFICOS



### Datos personales:

Nombre: Juan Crisóstomo Hernández Álvarez

Fecha de Nacimiento: 13 de septiembre de 1994.

Lugar de Nacimiento: Vicente Guerrero, Puebla.

CURP: HEAJ940913HPLRLRN00

Profesión: Ingeniero en Economía Agrícola

Cedula profesional: 12537932

### Formación académica

Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales - División de Ciencias Económico - Administrativas; agosto de 2021 a junio de 2023.

Ingeniero en Economía Agrícola – División de Ciencias Económico - Administrativas (DICEA); agosto de 2014 a junio de 2018.

Propedéutico – Preparatoria Agrícola (UACH); agosto de 2013 a junio de 2014.

Bachillerato- Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 229 (CBTIS 229) Tehuacán, Puebla; agosto de 2010 a Julio 2013.

## **RESUMEN GENERAL**

### **FACTORES QUE DETERMINAN LA SUPERVIVENCIA DE LA TECNOLOGÍA, PINTO SALTILLO**

México se posicionó dentro de los diez principales países productores de frijol (sexto lugar con 1.28 millones de toneladas). Sin embargo, la región de altiplano de México presentó bajos rendimientos. Instituciones gubernamentales han desarrollado, liberado y transferido variedades mejoradas para incrementar los rendimientos. A pesar de lo anterior, la adopción de la tecnología en México es limitada. El objetivo es analizar los factores que determinan la permanencia de los agricultores en el uso de las tecnologías, en este caso de estudio, la variedad de frijol Pinto Saltillo. Para cumplir con el objetivo, se realizó una encuesta cara a cara a 203 productores de frijol entre agosto y septiembre de 2021 en los estados de Zacatecas y Durango, donde se ha implementado la variedad de frijol Pinto Saltillo. Se examinaron los determinantes de la tasa de permanencia de la variedad mejorada utilizando un análisis de supervivencia. El 87% de los productores adoptaron la tecnología, pero existe 13.5 % de probabilidad de que los agricultores abandonen dicha tecnología antes de cuatro años. La decisión de seguir utilizando la variedad de Pinto Saltillo se ve afectada significativamente por el rendimiento, los ingresos provenientes de la siembra de frijol Pinto Saltillo, y la percepción sobre la falta de innovaciones tecnológicas que influyen en el rendimiento.

Palabras clave: Variedad mejorada, adopción, análisis de supervivencia, Cox, México.

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo  
Autor: Juan Crisóstomo Hernández Álvarez  
Director de tesis: Marco Andrés López Santiago

---

## **GENERAL ABSTRACT**

## **FACTORS DETERMINING THE SURVIVAL OF PINTO SALTILLO TECHNOLOGY**

Mexico was positioned within the top ten bean-producing countries (sixth place with 1.28 million tons). However, the highland region of Mexico had low yields. Government institutions have developed, released, and transferred improved varieties to increase yields. Despite the above, technology adoption in Mexico is limited. The objective is to analyze the factors that determine the persistence of farmers in the use of technologies, in this case study, the Pinto Saltillo bean variety. To achieve this goal, a face-to-face survey was conducted with 203 bean producers between August and September 2021 in the states of Zacatecas and Durango, where the Pinto Saltillo bean variety has been implemented. The determinants of the use rate of improved variety were examined using a survival analysis. 87% of farmers have adopted the technology, but there is a 13.5% probability that farmers will abandon the technology within four years. The decision to continue using the Pinto Saltillo variety is significantly affected by yield, income from Pinto Saltillo bean planting, and perceptions about the lack of technological innovations that influence yield.

Keywords: Improved variety, adoption, survival analysis, Cox, Mexico

---

Thesis: Master of Science in Agricultural Economics and Natural Resources, Universidad Autónoma Chapingo  
Author: Juan Crisóstomo Hernández Álvarez  
Advisor: Marco Andrés López Santiago

---

# **1 CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

México enfrenta el desafío de mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción (Harrison, 2002). El incesante crecimiento de la población de México hace necesario incrementar la producción nacional de alimentos. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2016) mencionó que la población se duplicará en los próximos 40 años, llegando a 230 millones de personas en 2050. Alimentar de manera sostenible a la población es un gran desafío, especialmente cuando una gran proporción de la población urbana y rural vive en pobreza temporal o permanente (Menéndez y Palacio, 2015).

La seguridad alimentaria se consigue cuando un país mantiene el acceso a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para satisfacer las necesidades nutricionales de una vida activa y saludable. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT, 2020), un país que importa granos básicos aumenta la inmigración, la desnutrición y el desempleo.

El INEGI (2019) señala que el frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) en México es considerado como uno de los cultivos de mayor importancia en la economía campesina, además representa seguridad y soberanía alimentaria vía autoconsumo para las comunidades. Para garantizar la seguridad alimentaria de la población mundial en 2050, Bongaarts (1996) sugiere la necesidad de duplicar la productividad e intensificar la frecuencia de cosecha. Challinor *et al.* (2016)

sugieren que los cultivos deben adaptarse mejor a las nuevas condiciones climáticas para aseverar la producción de alimentos.

### **1.1 Planteamiento del problema**

De acuerdo con Sánchez *et al.*, (2006) los bajos rendimientos de frijol en el Altiplano de México se deben a factores biológicos, ambientales y económicos. Al mismo tiempo Gallegos *et al.*, (2005) hacen referencia que la comercialización del frijol pinto se ve limitada por su reducida vida en anaquel, debido a la baja aceptación de los comerciantes y consumidores por 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). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-México) desarrolló la variedad mejorada de frijol denominada Pinto Saltillo, la cual presenta resistencia al oscurecimiento acelerado del grano, tolerancia a enfermedades y alto rendimiento de grano, así como adaptación en varios estados del Altiplano Semiárido de México.

La adopción puede definirse como la integración de la innovación en las actividades agrícolas cotidianas realizadas por los agricultores durante un periodo prolongado (Feder *et al.*, 1985). Teklewold *et al.*, (2013) mencionan que:

Las limitantes de adopción de una nueva tecnología en el proceso de producción correspondieron a tres grandes categorías especialmente en los países en desarrollo: características y comportamiento de los

agricultores, características y ventajas de la nueva tecnología y aspectos institucionales. (p. 597)

Así mismo, Sánchez *et al.*, (2018) definieron que

El proceso de adaptación de nuevas tecnologías se contemplan las limitantes como la gran heterogeneidad de agricultores existentes con circunstancias diferenciadoras específicas, como; el entorno, factores naturales y económicos; los objetivos empresariales; las preferencias de los agricultores y las limitaciones en la disponibilidad de recursos. (pp. 269-287).

De acuerdo con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1993) indicó que todas las instituciones que generen y transfirieran tecnología agrícola deberían ser capaces de realizar estudios que documenten el grado de adopción que ayuden a explicar las motivaciones de los agricultores. El INIFAP como institución responsable de apoyar el desarrollo agrícola nacional, enfrenta varios desafíos. Estos desafíos incluyen buscar, validar, transmitir y brindar los medios para la adopción y permanencia tecnológica en beneficio de los productores agropecuarios y forestales.

Ávila *et al.* (2011) señalaron que los productores de frijol de la región Centro-Norte que utilizan la variedad Pinto Saltillo ascendió a 65.9 %. Sin embargo, existe una diferenciación en adopción entre Durango y Zacatecas. Durango tuvo un uso generalizado con tasas del 93.3 %, mientras Zacatecas registró una utilización solamente del 13.3 %. Por lo cual fue importante analizar

la importancia de la transferencia, adaptación y permanencia de tecnologías desarrollada por el INIFAP. A través de un análisis de supervivencia, un instrumento de encuesta (Anexo 1) permitió recopilar los datos en los estados de Durango y Zacatecas.

## **1.2 Objetivo**

Analizar los factores que determinan la permanencia de los agricultores en el uso de las tecnologías, en específico, la variedad de frijol Pinto Saltillo, utilizando el análisis de supervivencia. Asimismo, contribuir con información acerca de los factores técnicos y socioeconómicos de los productores de Frijol de los estados de Durango y Zacatecas. Lo cual permita la retroalimentación a los productores que han adoptado la tecnología, y mejorar las estrategias de transferencia de tecnología.

## **1.3 Hipótesis**

Existe una relación positiva entre las características socioeconómicas de los agricultores de frijol y la permanencia en las nuevas tecnologías desarrolladas por las instituciones como el INIFAP.

## **1.4 Contenido de la tesis**

La investigación se integró por cinco capítulos. En el primero se presenta la introducción general que concluye con este apartado. En el Capítulo 2 se muestra una revisión de literatura que parte del panorama general de la situación general del frijol, aspectos de la tecnología mejorada: frijol Pinto Saltillo y por último los conceptos relacionados con el análisis de supervivencia. En el Capítulo

3 se presentan los factores que modifican la permanencia de la adopción de las variedades mejoradas de frijol en los estados de Zacatecas y Durango. Por su parte, el Capítulo 4 presenta las conclusiones generales de la investigación y el último Capítulo es el 5 el cual presenta el anexo de la encuesta realizada para obtener los datos.

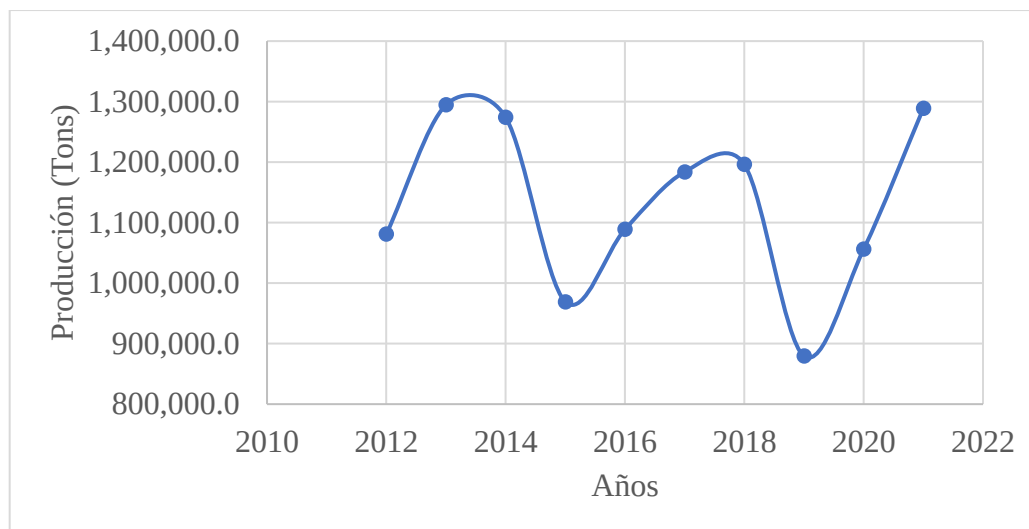


## 2 CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Contexto del frijol en México

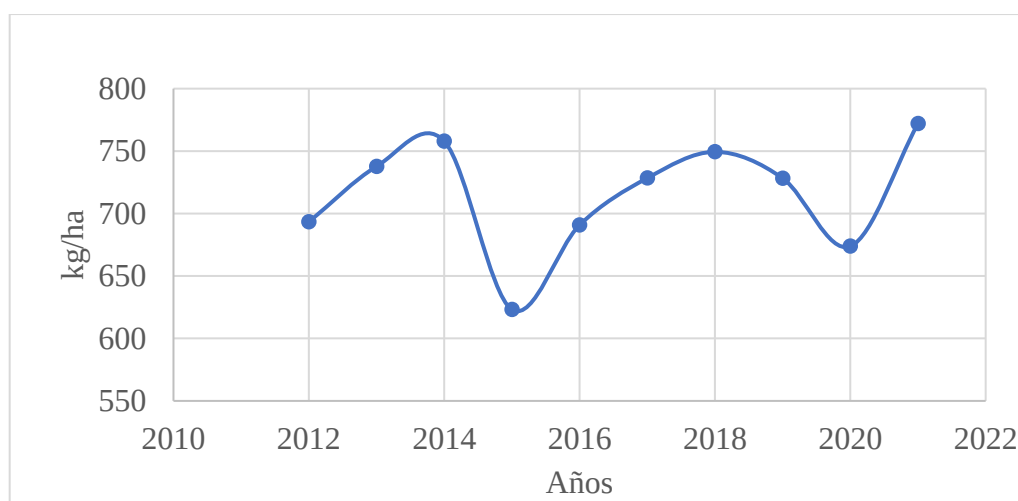
El Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2020) hace referencia al artículo 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), la cual considera al frijol como un producto básico y estratégico para el país; leguminosa sembrada en todo México. Las legumbres, sobre todo los frijoles, son parte fundamental de la dieta del mexicano.

El norte centro de México es la principal región productora de frijol del país. Galindo y Zandate (2004) ubican dentro de esta región a los estados de Zacatecas y Durango. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos básicos más importantes en México, ya que es la principal fuente de proteína de la mayor parte de la población. A fines de 2021, México reportó una producción de frijol de 1,288,806.5 toneladas, ocupó el sexto lugar a nivel mundial, lo que representó alrededor de 4.7 % del total. Los países con mayor producción mundial son la India 22.1 %, Brasil 10.5 %, Myanmar 9 %. El rendimiento promedio por hectárea es de 772 kg/ha (lugar 80 de 105 países productores de este grano en el mundo) (FAOSTAT, 2021). El consumo anual per cápita de frijol en México fue de 11.55 kilogramos (FAOSTAT 2023). Las Figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de la producción y el rendimiento del frijol en los últimos 10 años.



*Figura 1. Comportamiento de la producción del frijol en México*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON



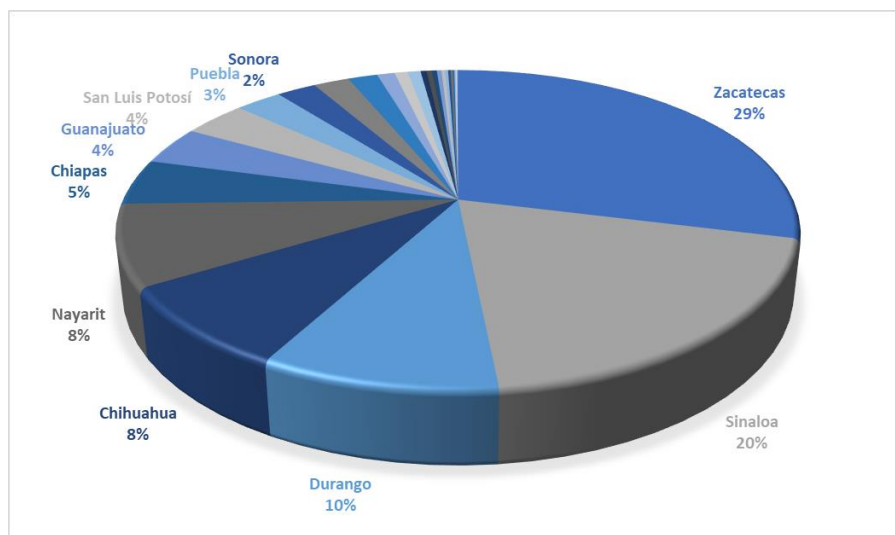
*Figura 2. Comportamiento del rendimiento del frijol en México*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON

De acuerdo con Acosta *et al.*, (2000) los sistemas productivos están definidos principalmente con base en: 1) Ciclo de siembra: Primavera, primavera-verano y otoño-invierno; 2) En condición de humedad: temporal y riego; 3) Nivel socioeconómico: agricultura de subsistencia, y empresarial. Al 2021 a nivel

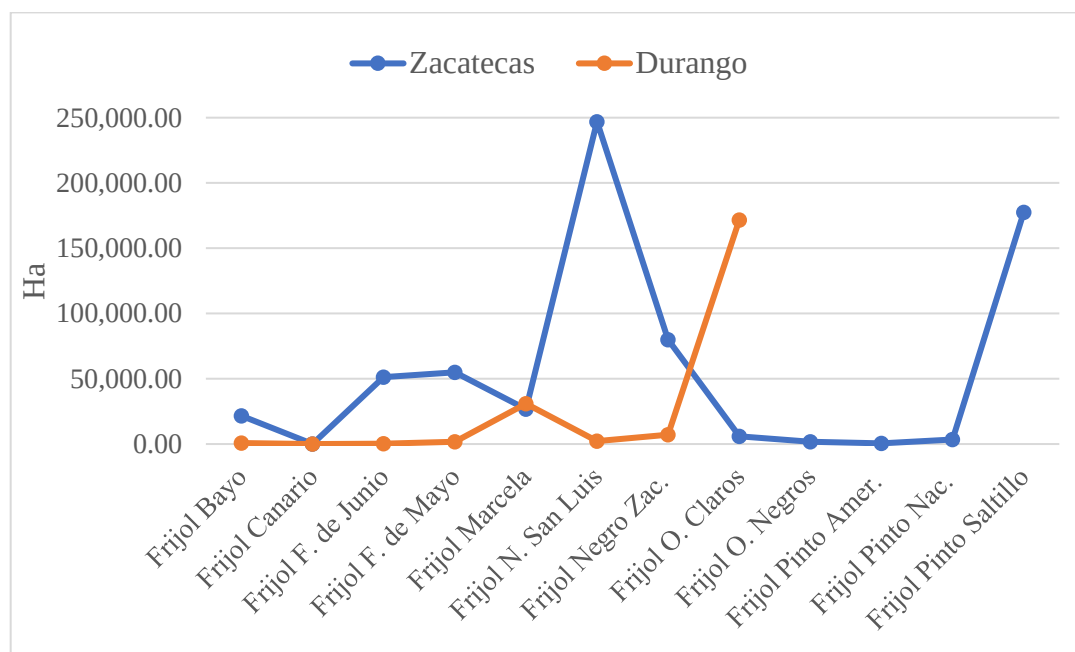
nacional el 85% del cultivo de frijol se realizó en el ciclo primavera-verano, el resto se estableció en otoño-invierno: al mismo tiempo el 86% de superficie se estableció en condiciones de temporal y el 14% restante en riego.

En 2021 se sembraron 1,690,246.99 ha de frijol, se obtuvo una producción de 1,288,806.47 de toneladas, con un valor de producción de \$ 20,514,764,280.00 pesos, el 58 % del valor se generó en los siguientes tres estados; Zacatecas (28.9 %), Sinaloa (19.5 %) y Durango (9.6 %) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2021) (Figura 3). A nivel nacional se sembraron 520,762.43 ha de Pinto Saltillo y 298,577.49 ha de Negro San Luis; con un valor de producción a \$ 5,246,676,520.00 y \$ 2,910,107,970.00 pesos respectivamente. En Zacatecas se cosecharon 246,986 ha de Negro San Luis y 177,406.43 ha de Pinto Saltillo (Figura 4): se alcanzó un valor de mercado de \$ 2,467,117,460.00 (41.6 %) y \$1,547,956,190.00 (26.1 %) pesos respectivamente (Figura 5). En cambio, en Durango se sembraron 30,911.00 ha de Negro San Luis, y 171,559.00 ha de Pinto Saltillo (Figura 4) con un valor comercial de \$ 290,293,600.00 (14.77 %) y \$ 1,596,549,670.00 (81.25 %) pesos respectivamente (Figura 6) (SIAP, 2021).



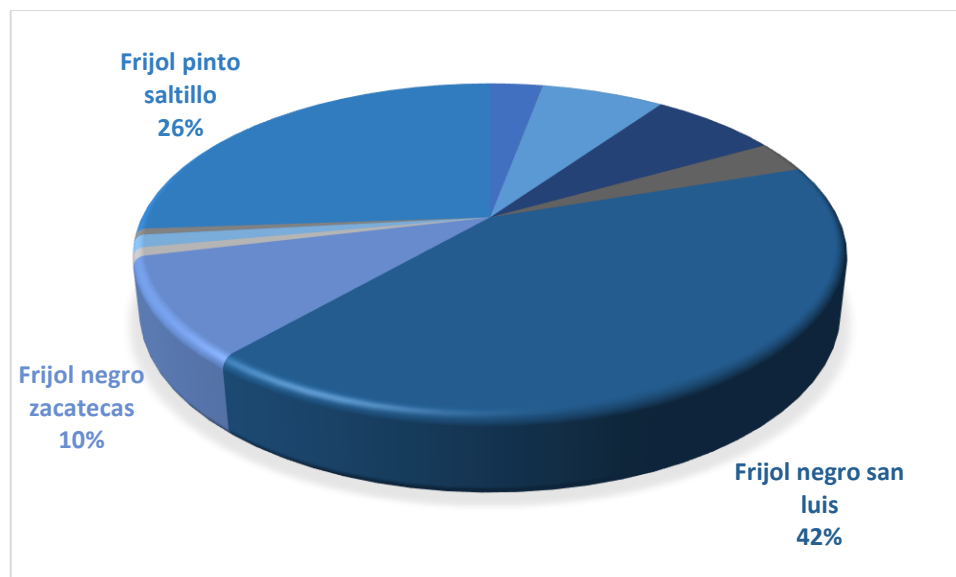
*Figura 3. Valor de producción de frijol (%) por Estados*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON



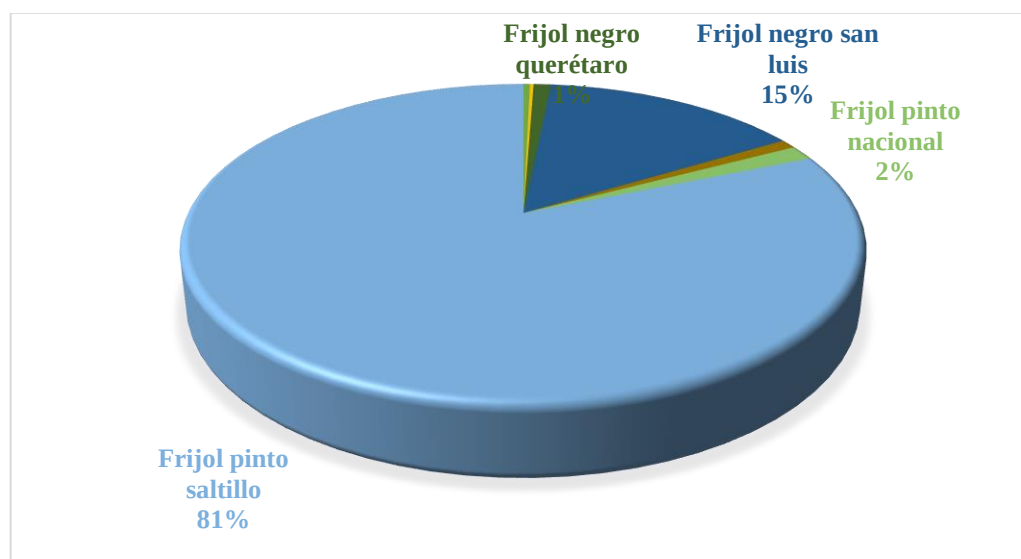
*Figura 4. Variedades de frijol sembradas por Estado en 2021*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON



*Figura 5. Participación en valor de producción por variedad de frijol en Zacatecas 2021*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON



*Figura 6. Participación en valor de producción por variedad de frijol en Durango 2021*

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SIACON

## 2.2 Situación de las variedades mejoradas de frijol en México

FAO (1996) define a un recurso filogenético como el material genético de origen vegetal que tiene valor alimentario y agrícola real o potencial, y tales recursos son preservados y desarrollados por los agricultores de manera tradicional y son la base para el desarrollo de nuevas variedades y técnicas. Un área de investigación en la que organismos internacionales, empresas estatales y privadas están invirtiendo más recursos es el mejoramiento genético para crear nuevas variedades que aumenten los rendimientos y garanticen la seguridad alimentaria. Ballesteros (1999) menciona que *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) es una de las dos especies más importantes de frijol y su centro de domesticación se ubica en el centro-occidente de México (Jalisco, Michoacán y Guanajuato). Algunos ejemplos de la utilización de cruza interespecíficas en el mejoramiento del frijol común son: con *Phaseolus metcalfei* Wooton & Standl., para tolerancia al frío, con *Phaseolus acutifolius* A. Gray para tolerancia a sequía y altas temperaturas y con *Phaseolus. coccineus* L. para resistencia a pudriciones radicales.

Arias *et al.* (2007) mencionan que la calidad de una semilla de frijol se resume en tres componentes:

- a) Genético: define las características de la planta en cuanto a adaptación, resistencia y susceptibilidad al ataque de agentes patógenos y el tipo de grano;

- b) Sanitario: es la presencia o ausencia de patógenos que pueden transmitirse de un cultivo a otro y finalmente;
- c) Fisiológico: está relacionado con el tamaño y la calidad de nutrientes que poseen en su interior.

Asimismo, Jasso y Martínez (2012), Rosales *et al.*, (2012) hacen referencia en la ley de producción, certificación y comercialización de semillas en México (SAGARPA-SNICS 2012) la cual reconoce las siguientes categorías de variedades de semillas:

- a) Original: es la fuente inicial para la producción de las categorías Básica, Registrada y Certificada, procede del resultado del mejoramiento. Realizada en centros de investigación.
- b) Básica: semilla que conserva un alto grado de identidad genética y pureza varietal; y proviene de la multiplicación de la semilla original.
- c) Registrada: variedad que conserva un alto grado de identidad genética y pureza varietal; proveniente de la semilla original, básica o registrada.
- d) Certificada: semilla constituida con un grado adecuado y satisfactorio de identidad genética y pureza varietal, procede de la semilla registrada o certificada, que se puede producir para la distribución de acuerdo con las normas y procedimientos del SNICS.

Challinor *et al.* (2016) refirieron que para garantizar la futura producción de alimentos será necesario que las variedades de cultivos se adapten mejor a las nuevas condiciones climáticas. Cid (2014) menciona que, en el altiplano semiárido de México, la escasa precipitación y el escaso uso de semillas mejoradas son los factores que reducen el rendimiento y limitan la producción del frijol. Sin embargo, Ávila-Marioni *et al.*, (2012) enfatizaron que a pesar de que existen programas de mejoramiento genético que han liberado varias variedades de frijol con características relevantes de producción y aprobación por el consumidor, el uso de semilla certificada en el centro norte de México es insuficiente, ya que cerca del 78 % de los productores usan el grano de cosechas anteriores o conseguido con otros productores. A pesar de que la semilla es considerada como uno de los medios tecnológicos más económicos y eficientes para incrementar la producción.

### **2.3 Bases teóricas del análisis de supervivencia**

El análisis de supervivencia (AS) es una rama de la estadística que modela el tiempo hasta que un evento de interés suceda, tal como la muerte de un organismo o la falla mecánica de un sistema (San-José *et al.*, 2009). El AS se le conoce con diferentes sinónimos dependiendo del área de estudio en el que sea utilizado. En estadística también se le conoce como tiempo al evento, en ingeniería se le conoce como análisis de confiabilidad, en economía es llamado análisis de duración, en sociología se le ubica por historia de eventos. En este trabajo de investigación el análisis de supervivencia se refiere a análisis de duración o estudio de tiempos de permanencia.



Los métodos con referencia a los tiempos de falla tienen mucho tiempo usándose, sin embargo, de acuerdo con Lawless (2011) es a partir de 1970 que la metodología se ha expandido en su uso y en los campos de acción.

En el análisis de supervivencia, la función de supervivencia es una de las principales funciones que se define, la cual indica la probabilidad de que el individuo llegue vivo a un cierto tiempo. Con lo cual la función de supervivencia representa la probabilidad de sobrevivir más allá de un tiempo  $t$  luego de un origen (nacimiento, adaptación, inicio de funcionamiento). Otra función con importancia es la función de riesgo, la cual representa el riesgo de ocurrencia del evento de estudio en el momento  $t$ , también conocida como tasa de riesgo (San-José *et al*, 2009).

Collet (2015) menciona que, en el análisis de supervivencia, la función de riesgo puede representarse mediante cualquier distribución de probabilidad o puede estimarse con modelos no paramétricos o modelarse y estimarse mediante técnicas de regresión. Así mismo hace referencia que para determinar la probabilidad de supervivencia, se puede estimar a través de un modelo paramétrico a partir de las distribuciones de probabilidad a los modelos: Exponencial, Gama, Weibull, Pareto, Log-normal, Log-logístico, Inversa Gaussiana. Y de igual forma, la función de riesgo puede ajustarse mediante modelos no paramétricos con el estimador de *Nelson-Aalen* y para la función de supervivencia se usa el estimador de *Kaplan-Meier* y para técnicas de regresiones se usa el modelo de riesgos proporcionales de Cox (Collet, 2015).

Dentro del análisis de supervivencia existen datos censurados que son aquellos donde se desconoce el tiempo hasta la aparición del fracaso o éxito del evento de interés, debido a que el individuo se retiró del estudio, o bien porque se acabó el estudio. Otra característica de los estudios de análisis de supervivencia fue el truncamiento. El truncamiento de los datos de supervivencia sucede cuando solo se analizan los individuos cuyo tiempo de evento se encuentra dentro de un cierto intervalo de tiempo (San-José *et al.*, 2009).

## **2.4 Adopción de innovaciones tecnológicas en la agricultura**

La adopción de la tecnología usualmente se clasifica dentro de una misma línea, pero con diferentes puntos de vista. El concepto de adopción se le suele conocer a la decisión de utilizar o no cierta tecnología desarrollada de manera independiente como menciona Kalyebara (2000). Para Rogers (1962), la adopción es un proceso intelectual por transita un individuo desde que conoce la innovación hasta decide adoptar. Bajo el mismo enfoque, Lindner (1987) señala que la expresión adopción indica el proceso que debe pasar un productor individual para decidir si aplica o no una nueva técnica de producción. Kim (2017), indica que la adopción de la tecnología se percibe de dos maneras: como decisión discreta, es decir, si el productor adopta o no. Por otro lado, como decisión continua, se centra en el grado de dicha adopción.

Luzinda *et al.*, (2018) indican que la decisión de adoptar una tecnología esta influenciada tanto de circunstancias como de eficacia institucional tales como el acceso a la información. Sobre este factor, Boahene *et al.*, (1999)

identifican que la cantidad de información acumulada de los posibles adoptantes y concuerda de que es un factor determinante en la adopción de tecnología. May (2017) señala que la dimensión de la finca impulsa a la innovación para la adopción de tecnología. Feder et al. (1985) menciona que la existencia de restricciones crediticias y las inversiones fijas impiden la adopción de nuevas innovaciones.

Los factores sociales también se consideran como limitantes al momento de adopción de innovaciones tecnológicas. Autores como Feder et al., (1985) y Akudugu et al., (2012) consideran que el nivel educativo es un factor importante en los determinantes. Específicamente, Akudugu et al. (2012) mencionan que el nivel educativo influye significativamente en las decisiones de los hogares y, además, lo corresponde con los años de escolarización formal. Otro factor que sobresale es la edad, de acuerdo con Kim (2017) la edad del jefe de familia afecta la probabilidad de adopción, debido a que relaciona de alguna forma su experiencia agrícola en la decisión de adopción.

Diversos trabajos explican los aspectos factores que determinan la adopción de tecnologías agrícolas utilizando variables clasificadas como factores sociales, económicos e institucionales.

Cuevas *et al.*, (2013) en su investigación los factores que inciden en la adopción de innovaciones por parte de productores de bovinos de doble propósito. Mencionan que las decisiones de innovación por parte de los productores de bovinos están influenciadas por: su ubicación geográfica, es

decir, los productores que tienen unidades de producción más lejanas son menos propensos a implementar innovaciones. Acceso a otras innovaciones tecnológicas, capacitación o asistencia técnica. Para llegar a tal resultado, los autores mediante selección no estocástica: por medio de un análisis de varianza y una prueba de Ji-cuadrada miden la adopción de tecnología.

Sánchez-Toledano *et al.*, (2017) en su artículo de investigación: Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. Por medio del análisis de supervivencia analizó los determinantes de las tasas de adopción de semillas mejoradas. Determinaron que el 60% de los agricultores adoptaron las semillas mejoradas y el tiempo en tomar la decisión de adoptar fue de 10 años después de haber conocido la tecnología. La decisión de adoptar se vio afectada por la edad de los agricultores, la experiencia en el cultivo, información sobre la tecnología y buenas prácticas. Los productores jóvenes, con una percepción positiva de la tecnología y baja percepción de riesgo adoptan en menor tiempo.

Cuevas (2019) en su trabajo factores que determinan la adopción del ensilaje en unidades de producción ganaderas en el trópico seco del noroeste de México. Mediante la estimación de un modelo probit, se obtuvo que los factores que incrementan la probabilidad de adopción en el uso del ensilaje son el nivel de escolaridad y la superficie agrícola. El autor refiere que para aumentar la adopción se debe buscar otro tipo de estrategias tecnológicas en las cuales se considere el tamaño del agricultor y la escolaridad de los ganaderos.

Cuevas *et al.*, (2020) en su investigación: Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. Determino solo el 5.5 % de los productores tomó la decisión de adoptar. Esta decisión tiene una relación positiva con; el numero de años que han recibido asistencia técnica y su rendimiento de producción de leche. Así mismo determinaron que los ganaderos que cuentan con mayor cantidad de recursos: infraestructura, maquinaria, ganado, tierra, jornales y asistencia técnica, son los que adoptaron las variedades de sorgo. Los autores usaron modelo de elección discreta: probit para determinar el nivel de adopción tecnológico.

## 2.5 Referencias

- Acosta G., Rosales S., Navarrete M. y López S. (2000). Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agríc. Téc. Méx.* 26 (1): 79-98.
- Akudugu, M., Guo, E., y Dadzie, S. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions.
- Arias R., Rengifo M. y Jaramillo C. (2007). Buenas prácticas (BPA) agronómicas en la producción de frijol voluble. Manual técnico. Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".167 p
- Ávila, M., Espinoza, J., González, H., Rosales, R., Pajarito, A. y Zandate, R. (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
- Ávila-Marioni., Jacobo-Cuellar., Rosales-Serna., Espinoza-Arellano., González-Ramírez. y Pajarito-Ravelero. (2012). Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México. *Tecnociencia.* 3:158-164
- Boahene, K., Snijders, T. A., & Folmer, H. (1999). An integrated socioeconomic analysis of innovation adoption: the case of hybrid cocoa in Ghana. *Journal of Policy Modeling*, 21(2), 167-184.
- Bongaarts, J. (1996). Population Pressure and the Food Supply System in the Developing World. *Population and Development Review*, 22(3): 483. doi:10.2307/2137717
- CEDRSSA. (2020). Mercado del frijol, situación y prospectiva. 20 p.
- Challinor, J., Koehler, K., Ramirez-Villegas, J., Whitfield, S. y Das, B. (2016). Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed

- systems adapt immediately. *Nature Climate Change*, 6(10): 954–958. doi:10.1038/nclimate3061
- Cid, J., Reveles, M., Velázquez, R. y Mena, J. (2014). Producción de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 63. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México, 69 p.
- CIMMYT. (1993). La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. (C. P. de Economía., Ed.). D.F. México. 88 p.
- Collett, D. (2015). Modelling survival data in medical research. Chapman and Hall/CRC.
- Cuevas-Reyes, V. (2019). Factores que determinan la adopción del ensilaje en unidades de producción ganaderas en el trópico seco del noroeste de México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 467-477: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num3\\_art:1586](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1586)
- Cuevas-Reyes, V., Baca, J., Cervantes, F., Espinosa, J., Aguilar, J., y Loaiza, A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(1), 31-46. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000100003&lng=es&tlng=es).
- Cuevas-Reyes, V., Sánchez, B., Servín, R., Reyes, J., Loaiza, A. y Moreno, T. (2020). Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(4), 1113-1125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5292>
- FAO. (1996). Plan de Acción Mundial para la Conservación y la Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura y la Declaración de Leipzig. 64 pp.
- FAOSTAT. (2020). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <http://faostat.fao.org>.

- FAOSTAT. (2021). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <http://faostat.fao.org>.
- FAOSTAT. (2023). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <http://faostat.fao.org>.
- Feder, G., Just, E. y Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovation in developing countries: "A Survey". *Economic development and cultural change*. 32: 255-298. <https://doi.org/10.1086/451461>.
- Galindo, G. y Zandate, H. (2004). Caracterización de productores del noreste de Zacatecas y el uso de variedades de frijol. Folleto técnico Núm. 13. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 120 p.
- Gallegos, J., Rocha, N., González, R., Ibarra, F. y Huizar J. (2005). Effect of Polyphenol and sugar content on seed coat darkening of Pinto bean cultivars. Annu. Report of the Bean Improvement Coop. 48: 54-55.
- Harrison, P. (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Dirección de Información de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s06.htm>
- INEGI. (2016). México en Cifras. Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios. <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2019). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Jasso, C. y Martínez, M. (2012). Guía para producir semilla mejorada de frijol con fertirriego en San Luis Potosí. Publicación especial Núm. MX-0-310305-15-03-17-14-02. Campo Experimental San Luis. Centro Regional del Noreste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí. México 30p.
- Kalyebara, R. (2000). A comparison of factors affecting adoption of improved coffee management recommendations between small and larger farmers in Uganda. In International Workshop Assessing the Impact of Agricultural



- Research on Poverty Alleviation, San José (Costa Rica), 1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Kim, J. (2017). Adoption and continued use of hybrid rice: Case of Haryana State, India
- Lawless, J. (2011). Statistical models and methods for lifetime data, *John Wiley & Sons*, volume 362.
- Lindner, R (1987) Adoption and diffusion of technology: an Overview. In Technological Change in postharvest Handling and Transportation of Grain in the Humid Tropic. (Eds. BR Champ, E Highly, and JV Remenyi) pp. 144-151.
- Luzinda, H. (2018). Factors Influencing Adoption of Improved Robusta Coffee Technologies in Uganda. *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 18(1), 33-41.
- May, D. (2017). Understanding farmers' incentives to innovate in different business environments. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 5(3), 35-46
- Menéndez, C. y Palacio, V. (2015). Pobreza y seguridad alimentaria en México y Estados Unidos: 2000 - 2010. *CIMEXUS*, 9(1): 13–30
- Rogers EM (1962) 'Diffusion of Innovations.' I Edición. New York
- Rosales, S., Cuellar, E., Nava, C., Guamán, H., Ibarra, F. y Acosta, J. (2012). Pinto centauro; variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Folleto Técnico Núm. 62, Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Durango. Dgo. México. 27p.
- San-José, B., Pérez E. y Madero, R. (2009). Métodos estadísticos en estudios de supervivencia. *An Pediatr Contin*, 7(1):55-9.

- Sánchez-Toledano, B., Kallas, Z. y Gil, J.; (2017). Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Rev. FCA UNCUYO* 49(2), 269-287. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527019.pdf>
- Sánchez, V., Acosta, J., Ibarra, F., Rosales, S. y Cuéllar, E. (2006). Pinto Saltillo, nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 22 Coahuila, México. 22 p.
- SIAP (2021). Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap>
- Teklewold, H., Kassie, M. y Shiferaw, B. (2013). Adoption of multiple sustainable agricultural practices in rural Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics*. 64(3): 597-623. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12011>.

### **3 CAPITULO 3. FACTORES DETERMINANTES EN LA PERMANENCIA DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS: VARIEDAD DE FRIJOL PINTO SALTILLO**

#### **DETERMINANT FACTORS IN THE PERMANENCE OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS: PINTO SALTILLO BEAN VARIETY**

**Juan Crisóstomo Hernández Álvarez<sup>1</sup>, Blanca Isabel Sánchez-Toledano<sup>2\*</sup>,  
Marco Andrés López Santiago<sup>3</sup>, Ramón Valdivia Alcalá<sup>4</sup> y Oscar Palmeros  
Rojas<sup>5</sup>**

<sup>1,4</sup>Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Económico-Administrativas. Estado de México. Km 38.5 carretera México. Texcoco 56230. México. <sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas–INIFAP. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. C.P. 98085. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo (URUZA) Km. 40 carretera Gómez Palacio Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230 <sup>5</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Matemáticas. Estado de México. Km 38.5 carretera México. Texcoco 56230. México.

\*Autor de correspondencia: toledano.blancaisabel@gmail.com

### 3.1 Resumen

El frijol es un cultivo importante en la economía campesina mexicana debido a su aporte de proteína vegetal, lo que representa seguridad y soberanía alimentaria a las comunidades. Sin embargo, sufre de baja productividad. Una de las estrategias implementada por instituciones gubernamentales para mejorar el rendimiento es la transferencia y adopción de variedades mejoradas de frijol. La investigación analizó a través del análisis de supervivencia (AS), la duración del tiempo que el agricultor utilizó la variedad de frijol Pinto Saltillo, contando a partir de que hizo la adopción de esta semilla, además se investigaron los posibles factores asociados a la permanencia. Los datos fueron recolectados en 2021 a través de un cuestionario dirigido a 203 productores de frijol en Zacatecas y Durango, México. El porcentaje de adopción de Pinto Saltillo al 2021 fue de 87 %, la probabilidad de que un agricultor abandone la tecnología antes de cuatro años fue de 13.5 %. Las variables que contribuyen 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 desarrolle 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.*; variedad mejorada; análisis de supervivencia.**

### 3.2 Abstract

Beans are an important crop in the Mexican agricultural economy due to their contribution of vegetable protein, which represents security and food sovereignty for communities. However, it suffers from low productivity. One of the strategies implemented by government departments to improve yield is the delivery and use of improved bean varieties. The research analyzed through survival analysis (SA), the length of time that the farmer used the Pinto Saltillo bean variety, counting from the adoption of this seed, and investigated the possible factors associated with the permanence. The data was collected in 2021 through a questionnaire applied to 203 bean producers in Zacatecas and Durango, Mexico. The use rate of Pinto Saltillo in 2021 was 87 %, the probability of a farmer abandoning the technology before four years was 13.5%. Variables contributing to permanence of adoption were yield, income from farming, income from Pinto Saltillo bean production, and perceived lack of technological innovations. To improve bean yields, the dissemination of technological innovations needs to be developed through technical specialists. This allows farmers to receive reliable and accurate information about the importance of staying with the technological innovation. Survival analysis examines changes in explanatory factors in relation to farmers and other changes over time.

Keywords: ***Phaseolus Vulgaris L.*; improved variety; survival analysis**

### 3.3 Introducción

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía consideró que en México el frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) es considerado como uno de los cultivos de mayor importancia en la economía campesina, además representa seguridad y soberanía alimentaria vía autoconsumo para las comunidades (INEGI, 2019).

En 2021 a nivel nacional se sembraron 1,690,246.99 ha de frijol y se obtuvo una producción de 1, 288,806.47 de toneladas, con respectivo valor de producción de \$ 20,514,764,280.00 pesos (SIAP, 2021). El 58 % del valor de la producción se generó en los estados de Zacatecas (28.9 %), Sinaloa (19.5 %) y Durango (9.6 %) (SIAP, 2021). A nivel nacional se sembraron 520,762.43 ha de Pinto Saltillo; con un valor de producción de \$ 5,246,676,520.00 pesos. Los productores de Zacatecas sembraron 177,406.43 ha con la variedad Pinto Saltillo, con un valor de mercado de \$ 1, 547,956,190.00 (26.1 %) pesos. En cambio, los productores de Durango sembraron 171,559.00 ha de Pinto Saltillo; con un valor comercial de \$ 1, 596,549,670.00 (81.25 %) pesos (SIAP, 2021).

De acuerdo con Sánchez *et al*, (2006) los bajos rendimientos de frijol en el Altiplano de México correspondieron a factores biológicos (plagas, germoplasma deficiente a enfermedades, semillas de baja calidad), ambientales (sequia, lluvias atemporales) y económicos (insumos). Gallegos *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 lo anterior, existe una disminución en su aceptación por parte de los comerciantes y

consumidores. Además de estos factores, Rosales *et al.* (2006) encontraron que un factor que propicia el aumento de la demanda fue el sabor y la consistencia. 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).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló la variedad mejorada de frijol denominada Pinto Saltillo. Esta variedad presentó resistencia al oscurecimiento acelerado del grano, tolerancia a enfermedades y alto rendimiento de grano, así como adaptación en varios estados del Altiplano Semiárido de México. Challinor *et al.* (2016) refieren que para garantizar la futura producción de alimentos es necesario que las variedades de cultivos se adapten mejor a las nuevas condiciones climáticas.

La adopción puede definirse como la integración de la innovación en las actividades agrícolas cotidianas realizadas por los agricultores durante un periodo prolongado (Feder *et al.*, 1985). Teklewold *et al.* (2013) indicaron que las limitantes de adopción de una nueva tecnología en el proceso de producción corresponden a tres grandes categorías especialmente en los países en desarrollo: características y comportamiento de los agricultores, características y ventajas de la nueva tecnología y aspectos institucionales (p. 597). En el proceso de adaptación de nuevas tecnologías se debe contemplar la gran heterogeneidad de agricultores existentes con circunstancias diferenciadoras específicas, el entorno, factores económicos, los objetivos empresariales, las preferencias de

los agricultores y las limitaciones en la disponibilidad de recursos (Sánchez-Toledano *et al.*, 2018: 269-287).

Para disminuir la limitante de adopción de tecnologías es necesario entender la heterogeneidad de los agricultores teniendo en cuenta no solo 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). Con referencia en CIMMYT (1993), todas las instituciones que generen y transfirieran tecnología agrícola deberían ser capaces de realizar estudios que documenten el grado de adopción y ayuden a explicar las motivaciones de los agricultores.

Existen varios trabajos que han estudiado la adopción y difusión de nuevas variedades en los cuales se limitan a determinar la tasa de adopción y los factores que determinaron la adopción en un momento determinado, por medio de análisis estadísticos. No obstante, la utilización del análisis de supervivencia en este ámbito 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 variable del seguimiento, observaciones incompletas, estas observaciones incompletas dan lugar a los llamados datos censurados útiles para el estudio (Rebasa, 2005). Esta herramienta estadística se ha utilizado en el ámbito agrícola para modelar la adopción de tecnología sostenible (Marchetti *et al.*, 2020), realizar un análisis de la conservación del laboreo (Nemati *et al.*, 2020), modelar la adopción de variedades mejoradas

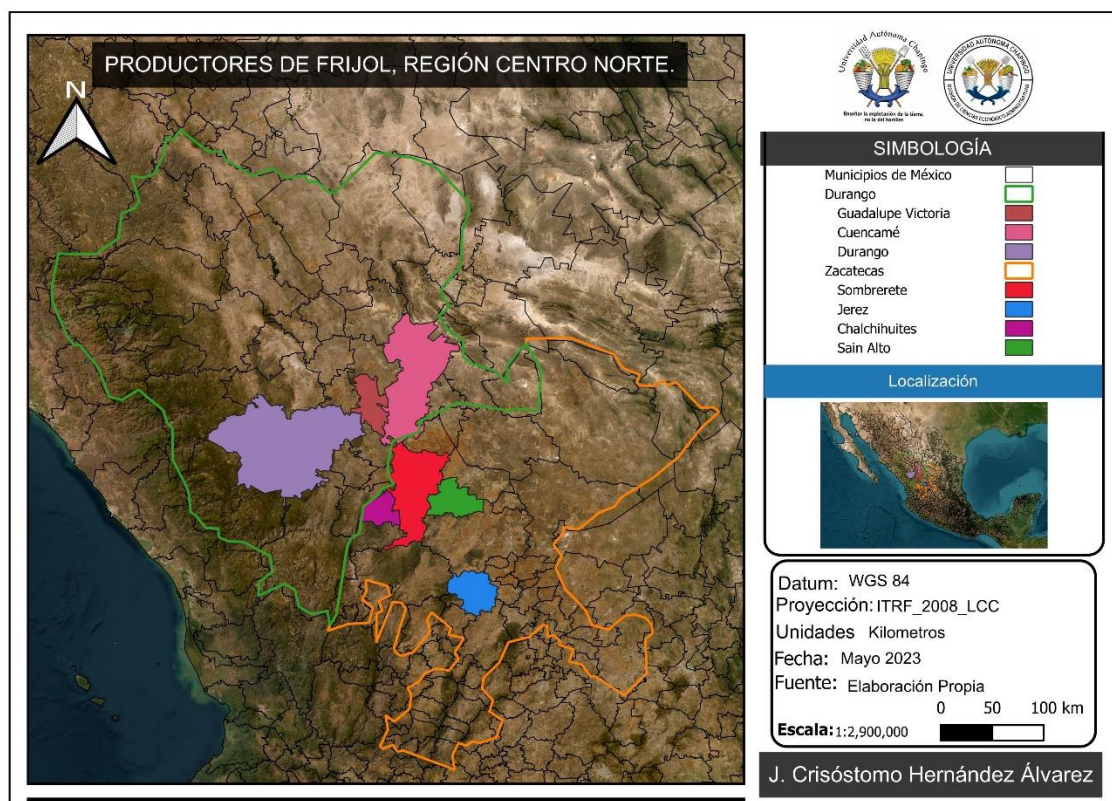


(Ofori et al., 2020), la adopción de la labranza de conservación (Sánchez-Toledano et al., 2018) y la adopción de fertilizantes y herbicidas (Zhang et al., 2020). En el cultivo de frijol no se cuentan con estudios que aborden esta metodología. Por tanto, el objetivo de la investigación fue analizar los factores que determinan el tiempo de la permanencia contando a partir de que se realizó la adopción de las innovaciones tecnológicas, específicamente, en la variedad de frijol Pinto Saltillo en Durango y Zacatecas, México. Lo anterior, permitirá generar estrategias para promover la adopción y permanencia de la tecnología.

### **3.4 Materiales y Métodos**

#### **3.4.1 Área de Estudio**

El centro norte de México es la principal región productora de frijol del país (Figura 7). En esta región se encuentran los estados de Zacatecas, Durango y Chihuahua. SIAP (2021) mencionó que, en el sector agrícola de Zacatecas y Durango, el frijol es uno de los cultivos más importantes. En 2021, se destinó al cultivo de frijol en Zacatecas el 54.5 % del total de la superficie agrícola sembrada en la entidad, en tanto que éste tuvo una participación de 25.8 % en el valor de la producción agrícola estatal. En Durango, el frijol participó con 33.2 % de la superficie sembrada, y contribuyó con 16.7 % del valor de la producción agrícola de la entidad. Las principales variedades de frijol cultivadas en Zacatecas son: Negro San Luis (36.8%) y Pinto Saltillo (26.4%). Mientras que en Durango se siembran en mayor proporción: Pinto Saltillo (79.8%) y Negro San Luis (14.4%).



*Figura 7. Área de estudio de los Estados productores de frijol de la región centro norte.*

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

### 3.4.2 Descripción de la Tecnología INIFAP

Sánchez *et al.* (2006) menciona que la variedad del Frijol Pinto Saltillo es de crecimiento indeterminado postrado tipo III. La altura del dosel esta entre 38 y 44 cm, con guías de 84 cm de longitud. El tiempo de floración es entre 38 y 60 días después de siembra y muestra un intervalo para alcanzar la madurez fisiológica entre 87 y 115 días, estas fases dependen de las características del sitio de siembra. Mencionaron que es sensible al fotoperiodo y su siembra en condiciones de riego, cuando los días son largos y cálidos (cercanos a 13 h de luz solar) se incrementa la duración de sus etapas de desarrollo, con un ciclo biológico de 120 días. Tiene semillas de tamaño mediano con un peso intermedio

entre 31 y 34 g por 100 semillas. La semilla de Pinto Saltillo es elíptica en su corte transversal y muestra 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 1,139 kg ha<sup>-1</sup> y entre 262 kg ha<sup>-1</sup> en ambientes más críticos, hasta 2,512 kg ha<sup>-1</sup> en el más favorable (Sánchez *et al.*, 2006). Así también, en evaluaciones hechas entre 2006 y 2008, Sánchez *et al.* (2009) reportaron para el estado de Durango rendimientos promedio de 1,434 kg ha<sup>-1</sup> con fluctuaciones entre 545 kg ha<sup>-1</sup> en el ambiente más crítico en el 2007, hasta 2,613 kg ha<sup>-1</sup> en el más favorable durante el 2006.

Las innovaciones más importantes de la variedad de frijol Pinto Saltillo fueron la resistencia a la sequía intermitente, el oscurecimiento lento del grano, disminución de tiempo de cocción, aumentaron los rendimientos y los beneficios obtenidos. Esta variedad actualmente se siembra en todo el Altiplano Mexicano, principalmente en condiciones de temporal de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Chihuahua. Pinto Saltillo es uno de los principales logros científicos y tecnológicos del INIFAP, que proporciona sustento y bienestar a productores, comercializadores y consumidores de frijol en México.

### **3.4.3 Definición del Tamaño de la Muestra**

La información analizada se obtuvo a través de una encuesta personal cara a cara, elaborada entre agosto y octubre de 2021 a una muestra de 203 productores estratificados por variedad de semilla utilizada Frijol Pinto Saltillo,

Negro San Luis y por estado. 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. De acuerdo con Rojas (2005) dada la magnitud de la población, para calcular el tamaño de muestra se usó la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significación ( $\alpha$ ) de 5% ( $Z=1.96$ ) y un nivel máximo de error de 6.87%

La encuesta permitió delimitar, recolectar y sistematizar la mayor parte de los datos analizados en la investigación. Con este fin, se aplicó a cada productor un cuestionario con 15 preguntas de tipo cerrado y abierto, el cual se probó antes de su aplicación definitiva ( $n=10$ ). Las variables analizadas 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.

### **3.5 Análisis de información**

En general, el análisis de supervivencia (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. Supongamos que es una realización de  $T$ . Consideremos 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  $T$ , definimos la distribución de la duración como la función de distribución acumulada (FDA) (Lancaster, 1992), es decir:

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

La ecuación (1) determinó la probabilidad de que  $T$  sea menor o igual que  $t$ . Sin embargo, en el AS, el objetivo fue determinar la probabilidad de que  $T$  sobreviva al menos hasta  $t$ . Por lo tanto, la probabilidad viene determinada por la función de supervivencia  $S(t)$ , definida como

$$S(t) = 1 - F(t) \dots \dots (2)$$

La función de riesgo  $h(t)$  se definió 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:

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

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:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{d\left(\frac{F(t)}{dt}\right)}{S(t)} = -\frac{d}{dt} \ln(S(t)) \dots \dots (4)$$

Sea  $T$  el tiempo de fallo y  $x = (x_1, \dots, x_k)'$  un vector de covariables disponibles (se puede esperar que las variables económicas y no económicas influyan y alteren la distribución de la duración). Es interesante estudiar y 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 (Lancaster, 1992):

$$h(t, \theta, x, \beta) = \lambda_0(t, \theta) \lambda(x, \beta) \dots \dots (5)$$

donde:

$\beta$  = un vector de parámetros desconocidos,

$x$  = vector de variables explicativas que pueden incluir variables invariantes y variables en el tiempo variables

$\theta$  = un vector de parámetros de la tasa de riesgo.

A partir de la ecuación (5), se observa que la función de riesgo  $h(t, \theta, x, \beta)$  puede dividirse 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 de la duración. El segundo componente fue la parte del riesgo que depende de las características del sujeto  $\lambda_0(x, \beta)$ .

Una especificación ampliamente utilizada en la regresión de supervivencia permite que la función de riesgo  $\lambda_0(t, \theta) = \lambda_0(t)$ , sea multiplicada por  $\lambda_0(x, \beta) = e^{x'\beta}$ .

El modelo de supervivencia se define como (Cox, 1972):

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

La formulación de regresión del modelo a partir de la ecuación (6) se denominó modelo de riesgos proporcionales de Cox (PH).

Dado que  $\lambda_0(t)$  puede dejarse completamente sin especificar, la ecuación (6) es un modelo semiparamétrico.

El modelo semiparamétrico de Cox (1972) se ha utilizado ampliamente en el análisis de datos de supervivencia para explicar el efecto de las variables explicativas sobre las tasas de riesgo. La ventaja de un modelo semiparamétrico es que no hay que hacer suposiciones sobre la forma de la función de riesgo de 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,

$$\log \lambda(t|x) = \log \lambda(t) + x\beta \dots \dots (7)$$

La interpretación del modelo de Cox no se realiza directamente con el valor estimado  $\hat{\beta}_i$  del coeficiente  $\beta_i$ , sino a través de  $\exp(\hat{\beta}_i)$  y es similar a la que se realiza en la regresión logística. 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 la ausencia  $x_i = 0$ . El procedimiento de

estimación se basó en la función de verosimilitud parcial; más detalles de este modelo, del proceso de estimación y la interpretación se encuentran en Cox (1972).

La estimación se realizó mediante el paquete de supervivencia del software R versión 4.2.2, R CoreTeam 2023

Para los efectos de este artículo, la variable de estudio midió el tiempo que los productores llevan utilizando la tecnología de frijol variedad Pinto Saltillo. Respecto a las variables independientes, la permanencia puede ser influenciada de un amplio conjunto de factores que incluyen 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 (Feder y Umali,1993).

Se incluyó una variable Dummy: para evaluar el efecto de apoyos económicos por parte de gobiernos estatales, que recibieron los agricultores en 2015, la variable toma el valor de uno si la adopción ocurrió después de 2015 y un valor de cero en caso contrario. Se realizaron dos tipos de análisis estadístico: paramétrico y no paramétrico. El análisis no paramétrico de los intervalos de adopción se llevó a cabo utilizando la función de supervivencia estimada de Kaplan-Meier. Se obtuvieron las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier para cada variable y se utilizó la prueba logrank con un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$  para determinar si existía diferencia significativa al considerar a la variable de interés (igualdad de los tratamientos).El análisis paramétrico consideró todas las variables recolectadas en la encuesta y fueron analizadas a través del modelo de



riesgo proporcional de Cox (1972), 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).

### **3.6 Resultados y discusión**

#### **3.6.1 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 censurados (no adoptantes) y el resto (87 %) fueron adoptantes. Los adoptantes tenían cierta educación universitaria, su edad promedio fue de 54 años y el tamaño del hogar integró a cuatro miembros. Este grupo conoció la tecnología a través de un técnico y en promedio contó con 27.8 hectáreas de tierra que producen 0.7 t ha<sup>-1</sup>. 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, su edad promedio fue de 48.5 años, el tamaño del hogar correspondió a tres miembros. A diferencia de los adoptantes, solo tenían disponible un terreno de 21.3 hectáreas con una producción de 0.8 t ha<sup>-1</sup>. Sus ingresos familiares dependieron de la agricultura en el 21 % de los casos, y del cultivo de frijol en un 22 %. El efecto positivo que muestra el porcentaje de ingresos familiares que provienen de la agricultura concuerda con lo que menciona Di Falco y Bulte (2011).

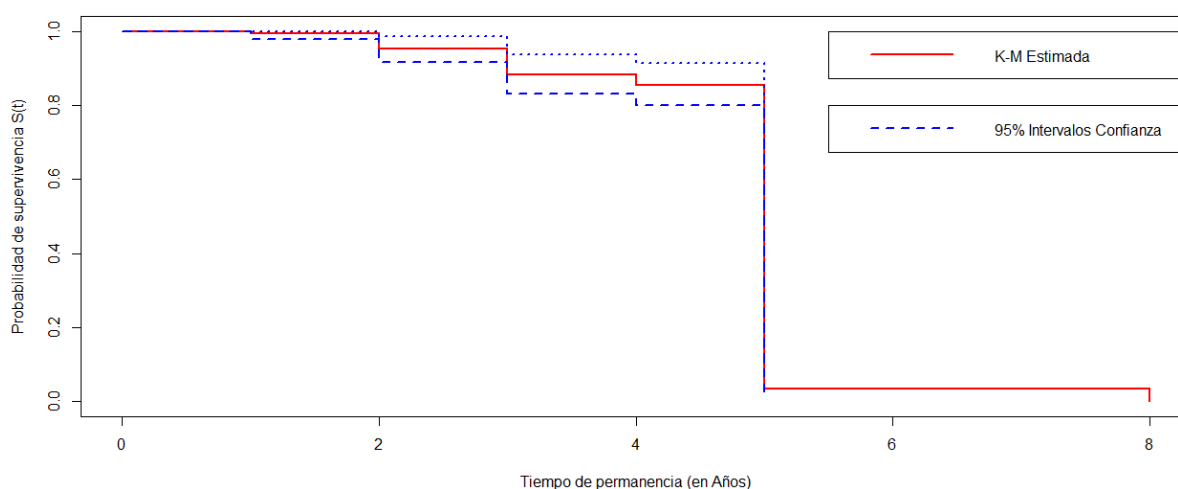
**Cuadro 1. Descripción de las variables utilizadas en el análisis estadístico**

| Covariables                                                                                                                                                                               | Adoptantes                                                               |            | Censurados |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                                                                                                                                                                           | Media                                                                    | Desviación | Media      | Desviación |
| Variable Dependiente                                                                                                                                                                      |                                                                          |            |            |            |
| Tiempo                                                                                                                                                                                    | Años que lleva usando la variedad de Frijol Pinto Saltillo hasta el 2021 |            |            |            |
| Variables Explicativas                                                                                                                                                                    |                                                                          |            |            |            |
| Edad del agricultor en años                                                                                                                                                               | 54.2                                                                     | 13.2       | 48.5       | 16.1       |
| Nivel de Estudios del agricultor (0: Primaria; 1: Secundaria; 2: Preparatoria; 3: Universidad; 4: Posgrado)                                                                               | 1.0                                                                      | 1.1        | 1.0        | 1.1        |
| Año desde que se dedica a la siembra de frijol                                                                                                                                            | 1992.0                                                                   | 14.5       | 1996.0     | 16.4       |
| Año desde que es el responsable de esta explotación                                                                                                                                       | 1995.0                                                                   | 13.7       | 1998.0     | 15.5       |
| Familiares con estudios universitarios (1: Si, 0: No)                                                                                                                                     | 0.4                                                                      | 0.5        | 0.2        | 0.4        |
| Tenencia de tierra (0: Ejidal, 1: Pequeña propiedad, 2: Rentada, 3: Al partido)                                                                                                           | 0.3                                                                      | 0.6        | 0.0        | 0.0        |
| Medio por el cual conoció la tecnología (0: INIFAP; 1: Parcela demostrativa 2: Folleto; 3: Técnico 4: Otro)                                                                               | 2.5                                                                      | 1.5        | 2.6        | 0.5        |
| Integrantes en el hogar (continua)                                                                                                                                                        | 4.0                                                                      | 1.5        | 3.0        | 0.6        |
| Miembros de la familia que trabajan en el cultivo                                                                                                                                         | 1.1                                                                      | 1.2        | 0.2        | 0.5        |
| Ingresos familiares agricultura (%)                                                                                                                                                       | 69.2                                                                     | 38.6       | 20.8       | 8.0        |
| Ingresos frijol (%)                                                                                                                                                                       | 51.9                                                                     | 27.0       | 22.1       | 6.1        |
| Ayuda del gobierno estatal en 2015 aumento la adopción (1: Si, 0: No)                                                                                                                     | 0.1                                                                      | 0.4        | -          | -          |
| Cursos tomados en temas agrícolas                                                                                                                                                         | 1.5                                                                      | 3.0        | 0.0        | 0.0        |
| Hectáreas plantadas con frijol                                                                                                                                                            | 27.8                                                                     | 30.4       | 21.3       | 17.4       |
| Rendimiento de frijol (Ton/Ha)                                                                                                                                                            | 0.7                                                                      | 0.3        | 0.8        | 0.2        |
| Precio de frijol por tonelada                                                                                                                                                             | 17705.0                                                                  | 2156.7     | 14421.1    | 1635.2     |
| Miembro de una organización (1: Si, 0: No)                                                                                                                                                | 0.2                                                                      | 0.4        | 0.0        | 0.0        |
| Las innovaciones tecnológicas son necesarias en su cultivo (0: Totalmente de acuerdo; 1: De acuerdo; 2: Neutro; 3: En desacuerdo; 4: Totalmente en desacuerdo)                            | 0.4                                                                      | 0.7        | 1.6        | 0.5        |
| Factores que afectan el rendimiento (0: Falta de recursos económicos, 1: Falta de asistencia técnica, 2: Falta de apoyos gubernamentales, 3: Falta de innovaciones tecnológicas, 4: Otro) | 0.3                                                                      | 0.8        | 0.6        | 1.0        |
| En el 2020 o 2021 contrato seguro agrícola (1: Si, 0: No)                                                                                                                                 | 0.8                                                                      | 0.3        | 0.0        | 0.0        |

Fuente: Elaboración propia

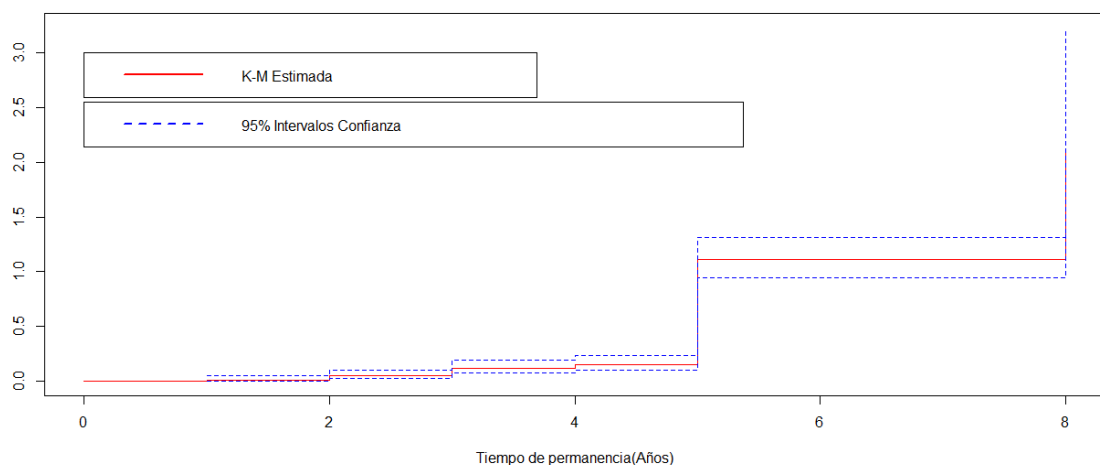
### 3.6.2 Análisis Econométrico

El método de Kaplan-Meier permitió examinar a detalle el tiempo que los agricultores permanecen con la tecnología (Figura 8). La curva mostró que al 2021 el 14.48 % de los productores cultivaron la variedad de frijol Pinto Saltillo cuatro años y el 82 % tuvieron una duración de cinco años (Figura 8). La aseveración preliminar confirmó que la función de riesgo acumulada de permanencia fue de 3.45 % (Figura 9). El agricultor permaneció por los primeros años, después de este tiempo, se observó un incremento en el riesgo de abandono, en la mayoría de los casos, el abandono de la tecnología estuvo influenciadas por decisiones colectivas alternas. Este aspecto concuerda con los que los estudios realizados por Turrent et al., (2012) que encontraron que la educación tiene un efecto positivo en la adopción de nuevas tecnologías, pero un aspecto importante que motiva a los productores a no abandonar la tecnología son los rendimientos esperados y el margen de beneficio.



*Figura 8. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier.*

Fuente: Elaboración propia en R



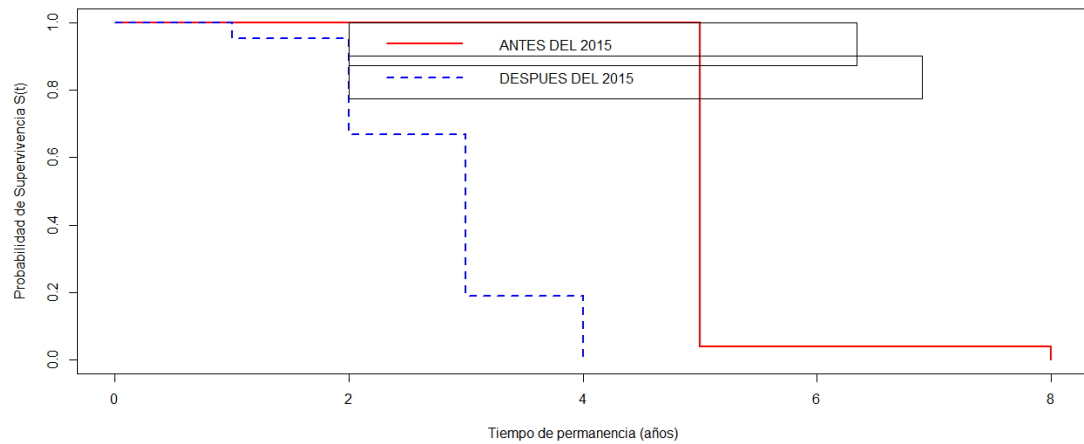
*Figura 9. Curva de riesgo acumulado.*

Fuente: Elaboración propia en R

Por medio del AS con un nivel de confianza  $\alpha=0.05$ , se encontró que las variables que tuvieron influencia en la adopción o permanencia de la tecnología fueron la variable Dummy, recibir apoyo del estado, el nivel universitario, el medio por el cual conoció la tecnología; la asistencia de un técnico, la falta de innovaciones tecnológicas, si es miembro de una organización, si ha asistido a demostraciones de campo, si vende su producción a un mayorista y si vende su producción a un intermediario.

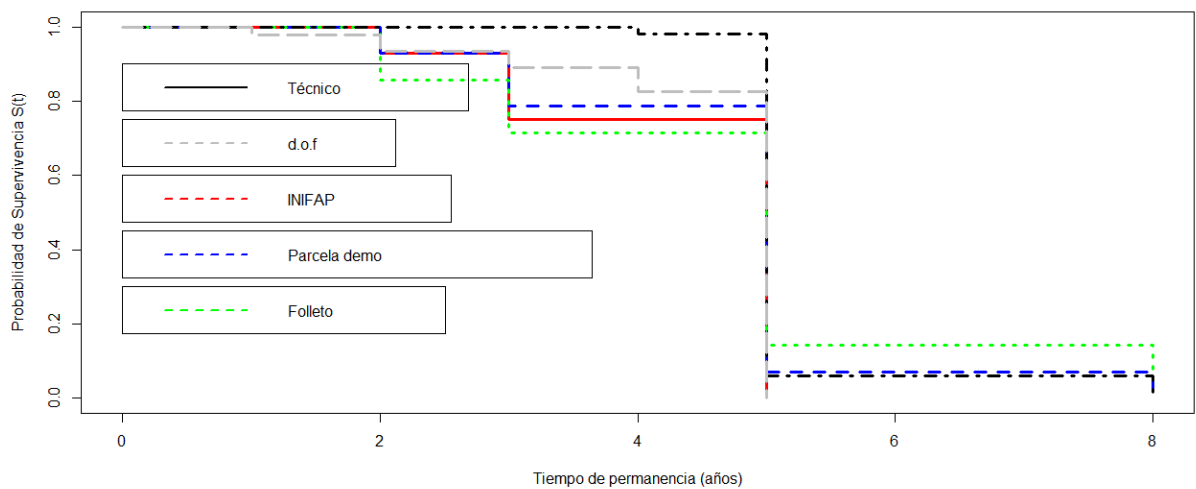
Los productores que recibieron apoyo económico por parte del gobierno estatal adoptaron la tecnología. Sin embargo, solo la adoptaron en un periodo de cuatro años (Figura 10). La fuente de la información es un factor que marca la diferencia en los agricultores que adoptaron la tecnología, sobre todo si está información provino de una persona capacitada (técnico agrícola) ya que permanecen produciendo con dicha tecnología mayor tiempo (Figura 11). Los resultados concuerdan con lo señalado por Rogers (1995) acerca de que la calidad y fiabilidad de la información en los adoptantes, esto 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.



*Figura 10. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier para apoyos estatales.*

Fuente: Elaboración propia en R



*Figura 11. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por fuente de información sobre la tecnología.*

Fuente: Elaboración propia en R

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).

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

| Variables                                                        | $\beta$ | 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-square: 0.837**

Likelihood ratio test = 22 on 4 df, p = 2e-04

Wald test = 24.96 on 4 df, p = 5e-05

Score (logrank) test = 24.29 on df, p = 6e-06

Nivel de significancia: 0.001 “\*\*\*” 0.01 “\*\*” 0.05 “\*” 0.1 “.”

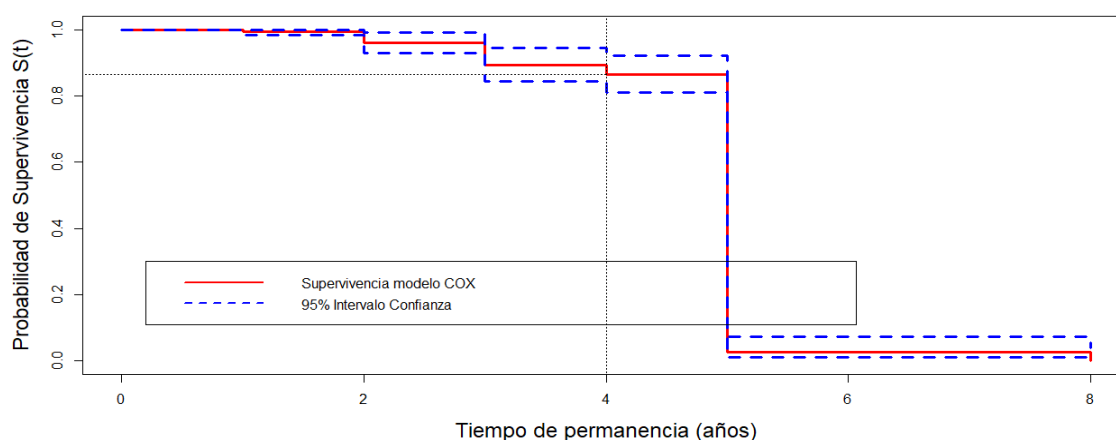
Fuente: Elaboración propia en R

Los resultados más significativos que se obtuvieron fueron: el riesgo de abandono de la variedad frijol Pinto Saltillo por los productores se incrementa al doble si los rendimientos disminuyen en una tonelada, lo cual puede ser consistente, ya que si existen otras variedades que ofrezcan mejores rendimientos, o sean económicas los productores cambiarán de variedad, lo cual concuerda con los estudios realizados en Zimbabue y Kenia como mencionan López y Filipello (1994), si los rendimientos son altos los pequeños productores están dispuestos a usar variedades mejoradas. Así mismo, 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 tendrán a cambiar de variedad.

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 %, así mismo 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 %. Tal 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, debido a que los adoptantes cuentan con tres familiares trabajando en el cultivo de frijol, si los ingresos se reducen (incrementan) el riesgo de abandonar de los agricultores la variedad aumenta (disminuye), debido a que se busca que el nivel de bienestar de la familia del agricultor no se disminuya.

La Figura 12 reflejó 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 al tiempo de supervivencia estimado mediante la regresión del riesgo proporcional de Cox, la probabilidad de que un agricultor abandone antes de cuatro años fue del 13.5 %.



*Figura 12. Curva de supervivencia utilizando variables del modelo de Cox.*

Fuente: Elaboración propia en R

### 3.7 Conclusiones

La presente investigación evaluó el tiempo de permanencia de la variedad de frijol Pinto Saltillo y los factores que influyeron a tomar esta decisión a los productores, se observó que los factores socioeconómicos tienen influencia para que los productores continúen usando las innovaciones tecnológicas.

El análisis también sugirió que las nuevas tecnologías deberían transmitirse por medio personas cualificadas, ya que incrementan la probabilidad de que el agricultor utilice por más tiempo las innovaciones tecnológicas. Por esta razón, se considera que las instituciones gubernamentales se deben enfocar a contratar más técnicos agrícolas. Un punto de enfoque es que los técnicos deben hacer énfasis en los ingresos, la producción y beneficios obtenidos al continuar utilizando la innovación tecnológica. El apoyo económico por instituciones gubernamentales incrementa la adopción. Sin embargo, se deben de buscar mecanismo para que los productores puedan permanecer con la adopción en los



años consiguientes que no son beneficiados por dichas instituciones. Este trabajo contribuyó a la escasa literatura sobre la metodología del análisis de supervivencia aplicada a las tecnologías agrícolas.

La investigación facilita información socioeconómica de los productores de frijol Pinto Saltillo de los estados de Zacatecas y Durango, que servirá para implementar políticas de adopción y permanencia específicas en un territorio específico en el futuro. El estudio se limitó a una zona geográfica específica y su replicación debe hacerse con cautela, se recomienda aumentar el tamaño de la muestra para tener una perspectiva más apegada a la realidad, de la zona a estudiar.

### 3.8 Referencias

- Challinor, J., Koehler, K., Ramirez-Villegas, J., Whitfield, S. y Das, B.; (2016). Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. *Nature Climate Change*, 6(10): 954–958. doi:10.1038/nclimate3061
- CIMMYT. (1993). La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. (C. P. de Economía., Ed.). D.F. México. 88 p.
- Cox, D. (1972). Regression models and life tables. *J R Stat Soc.* 34(2): 187-220. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9_37).
- Di-Falco, S. y Bulte, E. (2011). A dark side of social capital? kinship, consumption, and savings. *J. Dev. Stud.*, 47:1128–1151. <https://doi.org/10.1080/00220388.2010.514328>
- Feder, G., Just, E. y Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovation in developing countries: “A Survey”. *Economic development and cultural change*. 32: 255-298. <https://doi.org/10.1086/451461>.
- Feder, G. y Umali, D. (1993). The adoption of agricultural innovations. *Technol Forecast Soc Change*.43(3-4): 215-39. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](https://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A)
- Gallegos, J., Rocha. N., González, R., Ibarra, F., Huizar J. (2005). Effect of Polyphenol and sugar content on seed coat darkening of Pinto bean cultivars. *Annu. Report of the Bean Improvement Coop.* 48: 54-55.
- INEGI (2019) Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Kafle, B. (2010). Determinants of adoption of improved maize varieties in developing countries: A review. *Int. Res.J. Appl. Basic Sci.*, 1, 1–7. <http://ecisi.com/wp-content/uploads/2012/01/1-71.pdf>

- Kallas, Z., Serra, T. y Gil, J. (2010). Farmers' objectives as determinants of organic farming adoption: the case of Catalanian vineyard production. *Agricultural Economics*. 41(5): 409-423. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00454.x>.
- Kiefer, N. (1988). Economic duration data and hazard functions. *J Econ Lit*. 26(2): 646-79. <http://www.jstor.org/stable/2726365>
- Lancaster, K. (1992). *The Econometric Analysis of Transition Data*, 1st ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 352p.
- López, M. y Filipello, M. (1994). Emerging roles of the public and private sectors of maize seed industries in the developing world. CIMMYT: Mexico City, Mexico. <http://hdl.handle.net/10883/924>
- Marchetti, M., Ghirardi, A., Masciulli, A., Carobbio, A., Palandri, F., Vianelli, N. y Cattaneo, D. (2020). Second cancers in MPN: Survival analysis from an international study. *American journal of hematology*. 95(3): 295-301. <https://doi.org/10.1002/ajh.25700>.
- Nemati, M., Ansary, J. y Nemati, N. (2020). Machine-Learning Approaches in COVID-19 Survival Analysis and Discharge-Time Likelihood Prediction Using Clinical Data. *Patterns*. 1(5): 100074. doi: 10.1016/j.patter.2020.100074.
- Ofori, E., Griffin, T. y Yeager, E. (2020). Análisis de duración de la adopción de tecnología de agricultura de precisión: ¿qué está influyendo en las decisiones de los agricultores sobre el tiempo de adopción? *Revisión de Finanzas Agrícolas*. 80 (5): 647-664. <https://doi.org/10.1108/AFR-11-2019-0121>
- Ouma, J., Bett, E. y Mbataru, P. (2014). Drivers of adoption of Improved Maize varieties in Moist Transitional zone of Eastern Kenya. *J. Econ. Sustain. Dev.*, 5, 1700–2222.

- Rebasa, P. (2005). Conceptos básicos del análisis de supervivencia. *Cirugía Española*. 78(4): 222-230. [https://doi.org/10.1016/S0009-739X\(05\)70923-4](https://doi.org/10.1016/S0009-739X(05)70923-4)
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of Innovations*, 4th ed.; T.F. Press: New York, NY, USA.
- Rojas, R. (2005). *Guía para realizar investigaciones sociales*. 40a ed. Plaza y Valdez S.A. México, D.F. 237 p.
- Rosales, R., Cuellar, E., Castillo, R., Pajarito, R. y González, R. (2006). Pinto Saltillo: sistema de manejo para optimizar su rendimiento. *Despegable técnica Núm. 5*. Campo Experimental del Valle de Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. 2 p.
- SADER. (2020). Producción para el bienestar. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/produccion-para-el-bienestar-un-programa-para-las-y-los-productores?idiom=es>.
- Sánchez-Toledano, B., Kallas, Z. y Gil, J. (2018). Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Rev. FCA UNCUIYO* 49(2): 269-287. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527019.pdf>
- Sánchez, V., Acosta, J., Ibarra, F., Rosales, S. y Cuéllar, E. (2006). Pinto Saltillo, nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 22 Coahuila, México. 22 p.
- Sánchez, V., Acosta, J., Ibarra, F., Rosales S. y Singh. P. (2009). Registration of 'Pinto Saltillo' common bean. *Crop Sci.* 44: 1865-1866. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2004.1865a>
- SIAP. (2021). *Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap>

- Teklewold, H., Kassie, M. y Shiferaw, B. (2013). Adoption of multiple sustainable agricultural practices in rural Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics*. 64(3): 597-623. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12011>.
- Turrent, A., Wise, T. y Garvey, E. (2012). Mexican Rural Development Research Reports; Wilson Center: Washington, DC, USA.  
<https://www.wilsoncenter.org/publication/mexican-rural-development-research-reports>
- Zhang, G., Wang, Q., Yang, M., Yao, X., Qi, X., An, Y. y Guo, X. (2020). Spaad: 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(3): 304-310. <https://doi.org/10.1002/mc.23154>.

## **4 CAPITULO 4. Conclusiones generales**

El estudio de los factores que determinan la supervivencia de la tecnología, pinto saltillo en los estados de Durango y Zacatecas juegan un factor importante para el desarrollo de políticas, estrategias o programas públicos eficientes y eficaces. El uso de la metodología de análisis de supervivencia en la investigación fue una herramienta apropiada para analizar el tiempo de uso de la variedad mejorada de frijol Pinto Saltillo, por los productores una vez que ya la adoptaron. La investigación proporciona información socioeconómica de los productores de frijol Pinto Saltillo de los estados de Zacatecas y Durango, que servirá para mejorar las políticas implementadas de adopción y permanencia específicas. Al mismo tiempo contribuye a la escasa literatura del análisis de supervivencia en temas agrícolas de México, se espera ofrecer pedestales para mejorar la transferencia de tecnologías e implementación de políticas agrícolas del país.

Como se señaló, la seguridad alimentaria es un fenómeno multidimensional ya que contiene muchos aspectos que se interrelacionan generando un proceso complejo que no solo establece su grado, sino también sus formas de hacerle frente. Las instituciones públicas son esenciales para el fortalecimiento y desarrollo científico-tecnológico de los pequeños productores agrícolas. Sin embargo, es importante analizar el modelo de transferencia de las innovaciones tecnológicas, se debe buscar que la transferencia sea circular, es decir, desarrollo de tecnología, seguimiento, enfoque técnico de agroindustrial y de comercialización, para evitar que los agricultores no solo adopten la tecnología

por incentivos económicos en un punto inicial y en cuanto no cuenten con ese recurso abandonen la tecnología.

El área de estudio demostró tener un alto grado de adopción de la innovación tecnológica, sin embargo, el tiempo de uso de la innovación no es por un tiempo prolongado. La presente investigación se limitó a un área geográfica específica y su extrapolación debe hacerse con cuidado, se recomienda aumentar el tamaño de la muestra para tener una perspectiva más apegada a la realidad.

## 5 CAPITULO 5. ANEXO

### 5.1 Encuesta realizada a productores

Proyecto: Indicador de Fin de Pp E006 "Generación de Proyectos de Investigación"

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) realiza un estudio sobre el impacto de las tecnologías generadas. El presente cuestionario tiene el propósito de obtener más información sobre los resultados de la tecnología: PINTO SALTILLO, así como los beneficiarios de la misma. El objetivo es calcular el indicador "Tasa de variación del ingreso neto de los productores forestales y agropecuarios encuestados en el uso de innovaciones tecnológicas con respecto a los productores que utilizan tecnologías testigo". La información proporcionada será anónima y confidencial se utilizará con fines exclusivamente de investigación.

#### I. DATOS PERSONALES

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Edad del productor: \_\_\_\_\_ Escolaridad: \_\_\_\_\_

Años de producir frijol: \_\_\_\_\_

Número de hectareas sembradas con frijol: \_\_\_\_\_

Régimen de humedad: 1) Temporal \_\_\_\_ 2) Riego \_\_\_\_ Ciclo: 1) O-I \_\_\_\_ 2) P-V \_\_\_\_

#### II. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

| Actividades                   | Unidad   | Tecnología Testigo: Otra variedad de frijol |            | Tecnología INIFAP: PINTO SALTILLO |            |
|-------------------------------|----------|---------------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
|                               |          | Cantidad                                    | Costo U/ha | Cantidad                          | Costo U/ha |
| PREPARACION DEL TERRENO       |          |                                             |            |                                   |            |
| Subsuelo                      | Servicio |                                             |            |                                   |            |
| Barbecho                      | Servicio |                                             |            |                                   |            |
| Rastra                        | Servicio |                                             |            |                                   |            |
| SIEMBRA                       |          |                                             |            |                                   |            |
| Material Vegetativo o semilla | Kg/ha    |                                             |            |                                   |            |
| FERTILIZACIÓN* (producto)     |          | Dosis/ha                                    |            |                                   |            |
|                               | Lt Kg    |                                             |            |                                   |            |
|                               | Lt Kg    |                                             |            |                                   |            |
|                               | Lt Kg    |                                             |            |                                   |            |



|                                        |    |          |          |  |  |  |
|----------------------------------------|----|----------|----------|--|--|--|
| Otro                                   | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| COMBATE DE MALEZA*<br>(producto)       |    |          | Dosis/ha |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| Otro                                   | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| CONTROL DE PLAGAS*<br>(producto)       |    |          | Dosis/ha |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| Otro                                   | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| CONTROL DE ENFERMEDADES*<br>(producto) |    |          | Dosis/ha |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
|                                        | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| Otro                                   | Lt | Kg       |          |  |  |  |
| RIEGO                                  |    |          |          |  |  |  |
|                                        |    |          |          |  |  |  |
|                                        |    |          |          |  |  |  |
|                                        |    |          |          |  |  |  |
| MATERIALES DIVERSOS                    |    |          |          |  |  |  |
| Siembra de riego                       |    | \$/ha    |          |  |  |  |
| Barreta                                |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Machete                                |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Bombas aspersores                      |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Costales para cosecha                  |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Desmalezadora                          |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Carretilla                             |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Vehículo                               |    | Pieza    |          |  |  |  |
| Cajas                                  |    | Pieza    |          |  |  |  |
| MANO DE OBRA                           |    |          |          |  |  |  |
| Trazo de riego                         |    | Jornales |          |  |  |  |
| Siembra                                |    | Jornales |          |  |  |  |
| Desgrane en siembra                    |    | Jornales |          |  |  |  |
| Carga y descarga en siembra            |    | Jornales |          |  |  |  |
| Fertilización                          |    | Jornales |          |  |  |  |
| Combate de maleza                      |    | Jornales |          |  |  |  |
| Combate de plagas                      |    | Jornales |          |  |  |  |
| Control y prevención de enfermedades   |    | Jornales |          |  |  |  |
| Limpia de canales                      |    | Jornales |          |  |  |  |
| Riego presembrado                      |    | Jornales |          |  |  |  |
| Riesgo auxilio                         |    | Jornales |          |  |  |  |
| Cosecha                                |    | Jornales |          |  |  |  |
| FLETE                                  |    | Servicio |          |  |  |  |
| Flete para siembra                     |    | Jornales |          |  |  |  |
| Flete cosecha                          |    | Jornales |          |  |  |  |
| Flete para recoger insumos             |    | Jornales |          |  |  |  |
| OTROS COSTOS                           |    |          |          |  |  |  |
| Seguro agrícola                        |    | \$/ha    |          |  |  |  |
| Costo financiero                       |    | \$/ha    |          |  |  |  |
| Asistencia técnica                     |    | Servicio |          |  |  |  |

|               |    |  |  |  |  |
|---------------|----|--|--|--|--|
| Cuota de agua | \$ |  |  |  |  |
| Otros         |    |  |  |  |  |
|               |    |  |  |  |  |

\*Fertilización, Combate de maleza, Control de plagas y Control de enfermedades es necesario especificar los productos utilizados y señalar marcando con una x si es en litros o kilogramos.

### III. RENDIMIENTOS

| Cosecha               | ¿A quién vende su producción? | Tecnología Testigo: Otra variedad de frijol |                          | Tecnología INIFAP: PINTO SALTILLO |                          |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|                       |                               | Rendimiento (ton/ha)                        | Precio de venta (\$/ton) | Rendimiento (ton/ha)              | Precio de venta (\$/ton) |
| Volumen de producción |                               |                                             |                          |                                   |                          |

(Estas preguntas se realizan sólo si siembra Pinto Saltillo)

### IV. PROCESO DE ADOPCIÓN DE LA VARIEDAD PINTO SALTILLO

- ¿Desde cuándo utiliza la tecnología de pinto saltillo? a) 1 año \_\_\_\_ b) 2 años \_\_\_\_ c) 3 años \_\_\_\_ d) 4 años \_\_\_\_ e) más de 5 años
- ¿Cómo conoció la tecnología? a) Por medio de INIFAP ( ) b) Parcela demostrativa ( ) c) Folletos ( ) d) Técnico ( ) e) Otro: \_\_\_\_\_
- ¿Recomendaría esta tecnología a otros productores? a) SI ( ) b) NO ( )
- ¿Por qué recomendaría la tecnología?  
\_\_\_\_\_
- ¿Cuántas personas habitan en su hogar?
- ¿De dónde procede su formación agraria?
  - Experiencia práctica
  - Formación universitaria agraria
  - Formación profesional agraria
  - Cursos, conferencias, talleres, etc.
  - Otros: \_\_\_\_\_
- ¿Algún miembro de su familia ha realizado/realiza estudios universitarios? a) SI ( ) b) NO ( )
- ¿Cuántos miembros de su familia trabajan para usted? Y ¿Cuántos empleados contrata?
- ¿Con usted cuantas generaciones en su familia se han dedicado a la agricultura? \_\_\_\_\_ ¿y al cultivo de frijol? \_\_\_\_\_
- ¿Desde qué año es responsable de esta explotación? Desde el año: \_\_\_\_\_

11. ¿Desde qué año se dedica a la siembra de frijol? Desde el año: \_\_\_\_\_
12. ¿De sus ingresos totales familiares que porcentaje procede de la agricultura? \_\_\_\_\_ ¿y de la siembra de frijol? \_\_\_\_\_
13. La tierra que usted cultiva, ¿Qué tipo de tenencia tiene?
- Ejidal
  - Pequeña propiedad
  - Rentada
  - Al partido
  - Comunal
  - Otro (Especifique): \_\_\_\_\_
14. ¿A parte de frijol siembra otro cultivo? \_\_\_\_\_
15. ¿En los últimos 3 años, aproximadamente a cuantos cursos, conferencias etc., sobre temas agrarios ha asistido?
16. ¿Ha contratado en el último año algún tipo de seguro agrícola para sus cultivos? SI ( ) b) NO ( )
17. ¿Cuáles son los factores que influyen para que los productores de frijol obtengan un buen rendimiento?
- 1) Falta de recursos económicos
  - 2) Falta de asistencia técnica
  - 3) Falta de apoyos gubernamentales
  - 4) Falta de innovaciones tecnológicas
18. ¿Qué lo limita a usted para que aplique nuevas tecnologías en su cultivo, que le permitan obtener mejores rendimientos?
- 1) Falta de recursos económicos
  - 2) Necesidad de asesoría técnica
  - 3) Falta de organización
  - 4) Otra: \_\_\_\_\_
19. ¿Considera usted, que en su cultivo de frijol es necesario aplicar nuevas tecnologías para incrementar los rendimientos?
- 5) Totalmente de acuerdo
  - 4) De acuerdo
  - 3) Neutro

2) En desacuerdo

1) Totalmente en desacuerdo

20. ¿Qué fuentes de información suele emplear para el desarrollo de sus actividades agrarias? Mencione las 3 mas importantes.

- ☐ Ninguna
- ☐ Miembros de la familia
- ☐ Los empleados
- ☐ Técnicos de casa comerciales
- ☐ Técnico asesor particular
- ☐ Otros agricultores
- ☐ Cooperativa o sociedad agraria de transformación
- ☐ Agencia de extensionismo del gobierno
- ☐ Centros de investigación o enseñanza
- ☐ Profesionales libres
- ☐ Medios de comunicación
- ☐ Literatura especializada
- ☐ Los consumidores
- ☐ Los mayoristas y detallistas

21. ¿Durante los últimos tres años, asistió usted a alguna demostración técnica de campo sobre frijol? SI ( ) b) NO ( )

22. ¿Qué temas le gustaría a usted que se trataran en las demostraciones de frijol?

23. ¿Es miembro de alguna organización? SI ( ) b) NO ( )

24. En una escala de 0 a 10 indique su percepción de las actitudes de los siguientes grupos hacia el pinto saltillo (0 indica una percepción negativa y 10 una percepción positiva)

- ☐ Agricultores de su zona \_\_\_\_\_
- ☐ Los consumidores \_\_\_\_\_
- ☐ Los agentes comerciales \_\_\_\_\_
- ☐ Las entidades de crédito \_\_\_\_\_
- ☐ Los miembros de su familia \_\_\_\_\_

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Firma del productor: \_\_\_\_\_ No de celular \_\_\_\_\_

Entrevistador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración, estos datos serán de mucha utilidad para la investigación que estamos realizando.