

**ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

**“SIEMBRA EN SURCOS DOBLE**

**HILERA Y PILETEO”**

**EN CEBADA MALTERA EN EL**

**ESTADO DE ZACATECAS:**

**UN ANÁLISIS DEL PROCESO Y LOS IMPACTOS**



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SAGARPA**

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO  
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS**

FOLLETO TÉCNICO No. 31

ISBN: 978-607-425-523-2

MARZO 2011



**Vivir Mejor**

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda  
Secretario

M.C. Mariano Ruiz-Funes Macedo  
Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez  
Subsecretario de Desarrollo Rural

Dr. Pedro Adalberto González  
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera  
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.Sc. Arturo Cruz Vázquez  
Encargado del Despacho de Coordinación de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo  
Coordinador de Administración y Sistemas

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO**

Dr. Homero Salinas González  
Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes  
Director de Investigación

Dr. José Verástegui Chávez  
Director de Planeación y Desarrollo

M.A. Jaime Alfonso Hernández Pimentel  
Director de Administración

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez  
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

**ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA “SIEMBRA EN SURCOS  
DOBLE HILERA Y PILETEO” EN CEBADA MALTERA EN EL  
ESTADO DE ZACATECAS: UN ANÁLISIS DEL PROCESO Y  
LOS IMPACTOS**

M. C. Blanca I. Sánchez Toledano  
Investigadora de la Red de Socioeconomía  
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M. Sc. Agustín F. Rumayor Rodríguez  
Investigador de la Red de Frutales Caducifolios  
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Dr. José de Jesús Espinoza Arellano  
Investigador de la Red de Socioeconomía  
Campo Experimental La Laguna-INIFAP

# **ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA “SIEMBRA EN SURCOS DOBLE HILERA Y PILETEO” EN CEBADA MALTERA EN EL ESTADO DE ZACATECAS: UN ANÁLISIS DEL PROCESO Y LOS IMPACTOS**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No.5, Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

C.P. 04010 México, D.F.

Teléfono (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-425-523-2

Primera Edición Marzo 2011

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia o por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la institución.

Cita correcta:

Sánchez, T. B. I., Rumayor, R. A. F., Espinoza, A. J. J., 2011. Adopción de la tecnología “siembra en surcos doble hilera y pileteo” en cebada maltera en el estado de Zacatecas: un análisis del proceso y los impactos. Folleto Técnico No. 31. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 62p.

## CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Materiales y métodos	6
2.1 Evaluación del grado de adopción de la tecnología	7
2.2 Caracterización del proceso de adopción	8
2.3 Análisis estadísticos en la adopción tecnológica	10
2.4 Evaluación del retorno económico en la adopción tecnológica	11
2.5 Evaluación del impacto social en la adopción de tecnología	13
2.6 Evaluación del impacto ambiental en la adopción de tecnología	14
3. Resultados	16
3.1. Evaluación de la adopción de la tecnología	17
3.2 Caracterización del proceso de adopción tecnológica	19
3.2.1. Conocimiento y experimentación de la innovación y sus componentes tecnológicos	20
3.2.2. Adopción de la innovación y ventajas de la tecnología	23
3.2.3. Adopción de la innovación y beneficios económicos de la tecnología	25
3.3 Análisis de correlación entre las variables del proceso de adopción tecnológica	28
3.4 Retorno o impacto económico de la adopción tecnológica	36
3.5. Evaluación del impacto social en la adopción tecnológica	42
3.6. Evaluación del impacto ambiental en la adopción tecnológica	47
4. Conclusiones	51
5. Literatura citada	54

# **ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA “SIEMBRA EN SURCOS DOBLE HILERA Y PILETEO” EN CEBADA MALTERA EN EL ESTADO DE ZACATECAS: UN ANÁLISIS DEL PROCESO Y LOS IMPACTOS**

Blanca Isabel Sánchez Toledano<sup>1</sup>

Agustín Rumayor Rodríguez<sup>2</sup>

José de Jesús Espinoza Arellano<sup>3</sup>

## **1. INTRODUCCIÓN**

Uno de los factores que limita el crecimiento del sector agropecuario zacatecano, es la falta de generación y, particularmente, la adopción de nuevas tecnologías de producción. Es imprescindible promover acciones para la generación y adopción de innovaciones tecnológicas, como un recurso estratégico, que contribuya a la satisfacción de las necesidades del productor agropecuario y finalmente las de la población.

La crisis económica generalizada a través de todo el país, y en muchos países del orbe, ha derivado en un creciente debilitamiento de la financiación de los sistemas nacionales de investigación y en la necesidad de una mejor justificación de los fondos públicos destinados a investigación y desarrollo. En este nuevo contexto, para

---

<sup>1</sup> M.C. Investigadora en el área de Socioeconomía. Campo Experimental Zacatecas

<sup>2</sup> M. Sc. Investigador en el área de Fruticultura. Campo Experimental Zacatecas

<sup>3</sup> Dr. Investigador en el área de Socioeconomía. Campo Experimental La Laguna

obtener fondos y efectuar actividades de investigación y desarrollo, es necesario demostrar a quienes la financian, a los usuarios potenciales y al beneficiario final, los beneficios de la innovación tecnológica, la bondad económica de tales iniciativas, y la cuantificación de sus impactos.

La adopción de una tecnología es un proceso dinámico, y en el contexto de una producción riesgosa, como el del sector agropecuario, el aprendizaje acerca de la estructura del proceso de producción es importante. Welch (1970), sugiere que los agricultores sepan que lo que se aprende hoy en día es útil en el futuro, y por tanto, deliberadamente pueden experimentar con los insumos, a sabiendas, de que no podrán optimizar en el corto plazo sino con el fin de descubrir más acerca de los factores de la producción para ayudar en la operación óptima de su sistema en el futuro.

Entonces, las decisiones de innovación pasan a formar parte de un proceso de control adaptativo cuando la decisión tiene dos usos: uno para contribuir en la mejora de las salidas o producción actual del sistema y el otro para aprender sobre el proceso de producción. Esta hipótesis encaja bien en el marco de la utilidad esperada para la toma de decisiones bajo incertidumbre, pero plantea dudas acerca de los supuestos hechos con frecuencia de los beneficios del productor a corto plazo o de maximización de la utilidad.

La evaluación de los impactos derivados de las innovaciones tecnológicas generadas por la investigación agropecuaria es un tema extensamente analizado en la literatura, como son los casos de frijol (Hernández y Porras, 2006), sistemas silvopastoriles (Clavero y Suárez, 2006) y bovinos (Salas *et al.*, 2008). Inicialmente, esta evaluación estaba referida casi en forma exclusiva al aspecto económico, en estos últimos tiempos se han incorporado también las dimensiones social y ambiental, como resultado de la preocupación por la sostenibilidad de los sistemas de producción (Palomino y Lin, 2010).

En Zacatecas, los rendimientos que se obtienen en los cultivos que se desarrollan bajo condiciones de temporal son bajos, en comparación con los promedios nacionales. La cebada maltera es un cultivo de importancia económica y social para el Estado, no sólo por la derrama económica que aporta y la generación de empleos, sino por la seguridad en el abastecimiento de materia prima a la industria maltera instalada, la cual contribuye a su vez a la generación de empleos en el área urbana. Sin embargo, la producción de cebada debe ser una actividad competitiva para que el Estado se mantenga como proveedor de esta importante industria, de ahí que el desarrollo de nuevas tecnologías sea una actividad relevante.

Tradicionalmente, en el estado de Zacatecas, los cereales y específicamente la cebada maltera de temporal, se siembra “al voleo”, con este sistema el terreno queda en plano después de la siembra; al momento en que se presenta la primera lluvia, después de sembrar, la mayor parte del agua se infiltra porque el suelo está suelto. Después de esto, el suelo se seca y forma una capa dura, debido principalmente a la falta de materia orgánica.

Al presentarse las siguientes lluvias no hay infiltración y la mayor parte del agua se pierde por escurrimiento, debido a la poca capacidad de infiltración del suelo y sobre todo, porque no existen depresiones sobre el suelo que capturen y retengan el agua. Este manejo tecnológico ocasiona un déficit de humedad en el suelo, el cual se manifiesta en la planta con un crecimiento raquítico, así como por la baja producción de forraje y grano (Cabañas, 2002).

Debido a lo anterior, el INIFAP diseñó una estrategia de investigación que permitiera captar y retener el agua de las lluvias, durante el temporal, y aumentar la productividad de la cebada maltera, así como su impacto socioeconómico, de ahí se derivó la tecnología de siembra en surcos doble hilera con pileteo. La tecnología es descrita en diversas publicaciones al respecto (Cabañas *et al.*, 2004; Sánchez y Rumayor 2010).

La evaluación de la adopción de la innovación y de los impactos del sistema de siembra surcos doble hilera y pileteo, tuvo como objetivos:

- Evaluar el grado de adopción de la tecnología promovida en el estado de Zacatecas.
- Caracterizar a los productores adoptantes y el proceso de adopción.
- Evaluar cuantitativamente los beneficios económicos derivados de la inversión realizada en la investigación tecnológica.
- Evaluar el impacto social derivado de la adopción de la tecnología generada.
- Evaluar el impacto ambiental derivado de la adopción de la tecnología promovida.

Las hipótesis de esta investigación fueron:

El proceso de adopción es diferenciado para los diversos componentes tecnológicos incluidos.

El factor económico es el de mayor peso en la adopción de la innovación tecnológica estudiada.

Los recursos destinados a la investigación son altamente redituables tanto para el productor, como para la economía en su conjunto.

La tecnología de producción bajo estudio no afecta al medio ambiente, por tanto es recomendable su uso.

# MATERIALES Y MÉTODOS



## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En los años 2009 y 2010, se aplicó una encuesta a una muestra de productores, técnicos e investigadores sobre el sistema de producción siembra en surcos doble hilera y pileteo (innovación tecnológica) y el sistema tradicional al voleo en los municipios de Sombrerete, Miguel Auza, Sain Alto, Morelos, Calera, Ojocaliente, Pánuco, Pinos y Fresnillo en el estado de Zacatecas. Se revisó información publicada sobre la tecnología y se analizó la información correspondiente con diversas técnicas estadísticas y económicas.

La metodología de evaluación de la tecnología promovida incluyó cinco grandes aspectos importantes: a) el grado de adopción de la innovación tecnológica, b) la caracterización del proceso de adopción por los productores adoptantes de la tecnología, c) la estimación del retorno e impacto económico de la investigación, d) la evaluación social del uso de la tecnología y e) la evaluación ambiental de la innovación.

### ***2.1 Evaluación del grado de adopción de la tecnología***

Por adopción se entiende, en el contexto de las innovaciones tecnológicas, el proceso por el cual el productor agropecuario sustituye una actividad por otra, previamente desconocida. Ello

implica aprendizaje y cambio de su función de producción (Seré *et al.*, 1990).

Si bien el monitoreo constante de las opiniones y experiencias de los agricultores es esencial durante el diseño y el ensayo de una tecnología agrícola, también es necesario efectuar algún tipo de evaluación después de que se ha recomendado o introducido una tecnología nueva (CIMMYT, 1993).

La evaluación de la adopción se realizó a través de una encuesta formal, puesto que es uno de los varios tipos de estudios que pueden realizarse para evaluar la adopción de tecnologías. Dicha encuesta fue personalizada, a una muestra de 135 productores que se obtuvo del padrón estatal; la encuesta incluyó alrededor de 100 preguntas diversas divididas en tipología del productor, conocimiento, prueba, adaptación, adopción, recomendación, problemas tecnológicos y contacto con medios de comunicación, entre otros.

## ***2.2 Caracterización del proceso de adopción***

Para caracterizar el proceso de adopción y los factores determinantes en este proceso, se usó la información obtenida de las encuestas. Las encuestas incluyeron una serie de aspectos, partiendo que éstas se diseñaron con la idea de recabar información sobre la percepción de los productores respecto al proceso de adopción de la tecnología, se incluyeron diferentes rubros:

1) Tipología del productor. Se enfatizó en la edad, tipo de tenencia de la tierra, antigüedad como productor, superficie que siembra, nivel de educación, infraestructura disponible, entre otras.

2) Proceso de adopción. Se consideraron cuatro etapas que sigue el proceso y que se definieron en términos entendibles en la encuesta para el productor, estas fases incluyeron: conocimiento, evaluación o experimentación, adaptación o uso y recomendación o adopción. Se usaron dos vertientes, primero la percepción de los productores sobre el nivel del conocimiento, prueba, adaptación o recomendación de la tecnología y segundo el tiempo que ocurrió en cada una de las etapas. También fue importante definir, de acuerdo con el caso, la necesidad de estudiar los diferentes componentes tecnológicos, ya que la percepción varía si en una tecnología se incluyen diferentes componentes.

3) Factores que afectan el proceso de adopción. Se consideraron factores externos al proceso en sí; por ejemplo su contacto con medios de difusión, con asistencia técnica, acceso a programas gubernamentales, contacto con universidades o instituciones de investigación, entre otras.

4) Impactos percibidos por el productor. Se incluyen aspectos como mejora en la calidad, precio, rendimiento, productividad, reducción de costos de producción, mejora en el medio ambiente, etc.

5) Otros. En este rubro se incluyeron aspectos como la resistencia al cambio y el interés por innovar.

La escala usada en las opciones de respuesta en las encuestas fue numérica, discreta, nominal u ordinal, con posibilidades de ser dicotómica o con valores codificados de percepción en enteros.

### ***2.3 Análisis estadísticos en la adopción tecnológica***

El análisis estadístico que se llevó a cabo incluyó técnicas multivariadas, y pruebas no paramétricas para la evaluación de las hipótesis. Las técnicas multivariadas fueron análisis de conglomerados (cluster análisis), componentes principales, regresión lineal y correlación canónica. En el caso de las pruebas no paramétricas, se usó el análisis de varianza no paramétrica basada en rangos (pruebas de Kruskal-Wallis y/o Mann-Whitney).

El análisis de conglomerados permitió agrupar a los productores con características similares, los componentes principales fueron usados para reducir las dimensiones o número de variables que definen el proceso de adopción en sus cuatro vertientes; finalmente, el

análisis de regresión y correlación canónica permitió identificar la percepción de los productores que relacionó los impactos de la nueva tecnología con el proceso de adopción. Los análisis se llevaron a cabo con el paquete SAS 9.2.

## ***2.4 Evaluación del retorno económico en la adopción tecnológica***

Se realizaron visitas periódicas a las comunidades donde se siembra cebada maltera con el objetivo de obtener la información, a través de encuesta, sobre la adopción de la tecnología en estudio y sus costos de producción. La metodología de evaluación del impacto económico se basó en la comparación de los costos y beneficios que la tecnología generada y transferida por el INIFAP, provoca en el excedente económico de los productores que la adoptan.

La evaluación del impacto se realizó a través del cálculo del Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio/Costo. El cálculo de los beneficios se realizó con la ayuda del software denominado DREAM (Dynamic Research Evaluation for Management). Este sistema simula la generación y adopción de la nueva tecnología, así como la evaluación del subsecuente impacto que ésta tiene en los mercados y el bienestar social. El excedente de los productores se define como el diferencial entre los ingresos brutos y los costos de producción, como se describe en la siguiente ecuación:

$$EP = IB - CT = P * Q - CH * S = P * R * S - CH * S = (P * R - CH) * S$$

En donde: EP= Excedente económico de los productores, IB= Ingreso bruto, CT= Costo total de producción, P= Precio de venta del productor, Q= Cantidad total producida, CH= Costo de producción por hectárea, S= Superficie en producción, R= Rendimiento del productor por unidad de superficie

Esta ecuación permite identificar las vías por las que la incorporación del cambio tecnológico puede introducir modificaciones en el excedente: precio (asociado a calidad o tipo de producto); rendimiento por unidad de superficie; costo por hectárea y superficie sembrada. Por ello, al analizar el impacto de la adopción de la tecnología, ésta debe dar a conocer los cambios que la adopción de las innovaciones o paquete tecnológico introduce en el nivel de cada una de las variables antes mencionadas (Wood y Baitx, 1998).

La información básica necesaria para poder estimar el impacto de la tecnología en el cambio del excedente económico de los productores consistió en:

- Identificar la (o las) tecnología(s) que el proyecto puso a disposición de los productores (en el periodo de referencia).
- Establecer el grado en que el INIFAP contribuyó al desarrollo tecnológico, o sea la participación del Instituto en la generación de tecnología (%INIFAP).

- Determinar el impacto que cada técnica tiene en las siguientes variables: precio, rendimiento, costo, superficie ( $\%I\Delta P$ ,  $\%I\Delta R$ ,  $\%I\Delta CH$ ,  $\%I\Delta S$ ).
- Estimar el nivel de adopción de las innovaciones en el periodo determinado ( $\%AD$ ).
- Identificar el año de inicio del desarrollo de la innovación y de los costos de generación de la misma.
- Identificar el año en el que la innovación se puso a disposición de los productores y, por tanto, pudieron generarse modificaciones en los excedentes.
- Obtener información sobre áreas en producción, costos por hectárea, precio a los productores y rendimientos promedios por unidad de superficie (nacional, regional), para cada año del periodo de estudio.

## ***2.5 Evaluación del impacto social en la adopción de tecnología***

En general, se considera a los beneficios o impactos de un proyecto como de tipo social. Lo anterior se basa sobre el primer teorema de la Economía del Bienestar, el cual postula que toda asignación de equilibrio es un óptimo de Pareto desde el punto de vista del bienestar social. Sin embargo, en presencia de fallas del mercado, específicamente de competencia monopolística, ese teorema no se cumple, por lo que los beneficios económicos y los sociales discreparán cuantitativamente.

En este apartado no se presentan datos sobre los efectos distributivos ni los de pobreza, se estudiaron solo los impactos sociales agregados de la innovación tecnológica sobre el bienestar social medio de los agricultores adoptantes a través de la curva de Lorenz, la cual es una representación gráfica utilizada frecuentemente para plasmar la distribución relativa de una variable en un dominio determinado, y el coeficiente de Gini, el cual mide la desigualdad de los ingresos.

## ***2.6 Evaluación del impacto ambiental en la adopción de tecnología***

El objetivo de la última parte del estudio fue contar con una primera aproximación a la evaluación de los impactos ambientales, a través de la sistematización de las percepciones, visiones y opiniones de los productores e informantes calificados (investigadores y técnicos), que conocen la tecnología.

La evaluación de los impactos ambientales dentro de las tecnologías agrícolas es preponderante, debido a que entre los principales problemas ambientales en México se encuentran la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, la pérdida de diversidad biológica, la deforestación, la degradación y contaminación de suelos, y la contaminación atmosférica. Estos problemas están ligados al crecimiento poblacional, pero también a las malas prácticas en la gestión de los recursos naturales (Alviar *et al.*, 2007).

Se utilizó la metodología propuesta por Lago (1997). De acuerdo con este método, se elaboraron una serie de matrices para identificar la percepción en términos del tipo de impacto y su valor. Al final, se terminó con una serie de valores categóricos para agrupar el impacto de las tecnologías propuestas en el proyecto en los componentes ambientales en alto, medio y bajo, y con signos positivo, negativo o nulo (sin cambio).

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### *3.1. Evaluación de la adopción de la tecnología*

El análisis de conglomerados permitió agrupar y diferenciar entre los productores adoptantes de la innovación tecnológica y aquellos no adoptantes. Del total de productores entrevistados, el 27.40% usa la siembra en surcos con doble hilera y el 72.60% no ha usado la tecnología. La información proporcionada por la SAGARPA SIAP (2009) menciona que se siembran al año alrededor de 20 mil hectáreas de cebada y se estiman que aproximadamente el 30% de la superficie se siembra en surcos doble hilera. Esto lleva a estimar un índice de adopción de la innovación del 27.4%.

Los resultados de la investigación y pruebas de hipótesis, llevadas a cabo sobre la adopción de la tecnología de siembra en surcos en cebada, al comparar el grupo no adoptante y adoptante, sugieren que los productores adoptantes de la innovación tienen menos tiempo de vivir en la región; mayor experiencia en el cultivo de la cebada (6 a 10 años); mayor nivel de educación; tienden a sembrar mayor superficie y comentan que tienen un rendimiento superior, que el grupo no adoptante. Chirwa (2005) menciona que la adopción de fertilizantes se asoció positivamente con mayores niveles de educación, mayor tamaño de las parcelas y mayores ingresos no agrícolas del productor.

Los productores no adoptantes de la innovación (72.6%) mencionaron que existen factores que restringen el uso de innovaciones en el sistema de producción de cebada, dentro de los que destacan la falta de recursos económicos, disponibilidad de maquinaria y asistencia técnica. Estos datos coinciden con lo expuesto por Feder y Zilberman (1985) sobre los factores necesarios para tener una adopción de tecnologías eficiente en los países de América Latina.

Los productores de los dos grupos, adoptantes y no adoptantes, dijeron conocer la innovación, pero las diferencias se dieron en el tiempo de conocimiento de la nueva tecnología. El grupo de usuarios adoptantes conoce la siembra en surcos desde hace cuatro años, mientras que la otra parte la conoce desde hace sólo dos años. Los factores que influyen en la capacidad de gestión del productor son muchos y variados, pero probablemente no existe otro factor tan importante en la mejora de las capacidades del productor que la adquisición de información relevante y actual (Lee, 2005).

A pesar de que la mayoría de los productores conocen la tecnología, los adoptantes mencionaron estar totalmente de acuerdo en haberla probado mientras que el grupo de no adoptantes no ha evaluado en sus predios la innovación tecnológica. Antle and Crissman (1990) sugieren que los agricultores más educados son también los primeros en adoptar nuevas tecnologías y que hay una

curva de aprendizaje en que los agricultores experimentan y aprenden de los límites de la nueva tecnología, durante un período de prueba de varias temporadas.

Así, el conocimiento de la innovación es una primera etapa en la adopción de ésta, y requiere de tiempo suficiente para que la etapa concluya de forma satisfactoria. En este sentido es importante la difusión de las innovaciones en el ámbito de los productores y tomadores de decisiones. Posteriormente, se da la experimentación de la innovación, por el productor en su predio, y esta evaluación parece ser un punto crítico en la adopción; la evaluación de la tecnología en estudio la realizaron los productores hasta después de alrededor de tres años, de conocer la innovación.

Rivera y Romero (2003), mencionan que el productor no aplica de inmediato la tecnología que se le transfiere, sino que espera a que algún otro productor lo haga primero o se toma tiempo para analizar lo que se le ha dado a conocer. Esto es debido a una actitud de desconfianza en las prácticas agrícolas diferentes a las que de manera tradicional lleva a cabo el productor mismo.

### ***3.2 Caracterización del proceso de adopción tecnológica***

En esta sección se describe el proceso de adopción tecnológica, y su relación con el beneficio y percepción del productor

sobre las ventajas de la nueva tecnología. El análisis estadístico incluyó particularmente el análisis de componentes principales (Rumayor, 1993) y la correlación canónica para poder describir las relaciones entre las variables que se usaron para medir la percepción de los productores sobre la adopción de la tecnología.

### *3.2.1. Conocimiento y experimentación de la innovación y sus componentes tecnológicos*

El análisis de componentes principales se llevó a cabo con los productores identificados como adoptantes de la tecnología del sistema de siembra en surcos doble hilera con pileteo, e incluyó las variables relevantes que se definieron en la encuesta original como las que describen el proceso, fueron un total de 60 variables.

El análisis permitió en primer término diferenciar dos grupos de variables ortogonales, independientes entre sí, y que tienen que ver con el proceso de adopción. Al primer grupo de variables, componente principal 1 (CP 1), se le designó como “conocimiento y experimentación de la tecnología de siembra en surcos doble hilera”, para abreviarla **conocimiento**, e incluyó las variables que tuvieron que ver con el conocimiento y evaluación del sistema de siembra y sus componentes tecnológicos individuales, con excepción del pileteo, el valor único (raíz) se integró por trece variables individuales.

Al segundo grupo (CP 2) se le asignó el nombre de “conocimiento, experimentación, adopción y resultado económico de la pileteadora”, abreviada como *pileteo*, e incluyó a las variables que implicaban obtener información sobre este componente tecnológico y el proceso de evaluación por el productor, su valor se integró por siete variables individuales. Las dos variables múltiples representaron aproximadamente el 29% de la variabilidad o varianza total. Con este enfoque multivariado fue posible definir cuatro grupos de productores, de acuerdo a los valores individuales para cada productor de cada multivariable o componente principal (Figura 1).

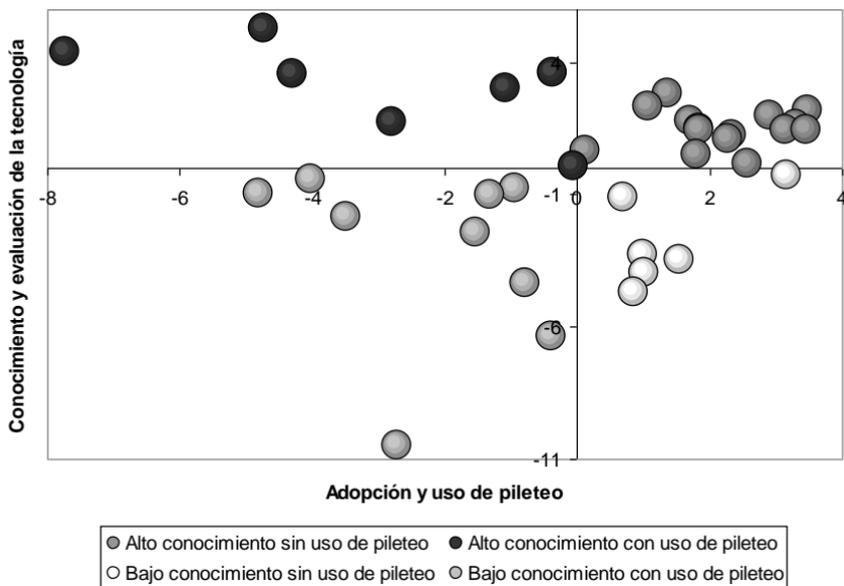


Figura 1. Agrupación de productores adoptantes de la tecnología por las variables conocimiento y evaluación de la tecnología, y adopción y uso del pileteo.

En forma general, es posible anotar algunos aspectos sobre cada una de las multivariantes o componentes principales y sus características. En primer término, la variable **conocimiento** de la tecnología de surcos doble hilera para cebada y sus componentes tecnológicos individuales sugiere que todos los productores incluidos conocen en cierta magnitud la tecnología promovida y sus componentes (sembradora, fertilización, control de maleza, etc.), sin importar el grupo de conocimiento tecnológico en que fueron agrupados.

El 59% de los 37 productores adoptantes de la tecnología se clasificaron como con alto conocimiento de la tecnología, el resto se consideró como de un nivel bajo de conocimiento. Las diferencias más importantes en la variable **conocimiento** se dan en el tiempo de conocer la tecnología estudiada y sus componentes tecnológicos individuales, en forma genérica es posible mencionar que los productores que comentaron estar más involucrados con el conocimiento y evaluación de la tecnología (grupos 1 y 3), conocen la tecnología por más tiempo (4 años) que aquellos con un menor grado de conocimiento (2 a 3 años).

En lo que respecta a la variable **pileteo**, la pregunta sobre el uso de la pileteadora en el sistema de siembra en surcos en cebada, claramente diferenció dos grupos (1 y 3) de productores que no usan el pileteo, de los grupos 2 y 4 que si lo usan. El 43% de los

productores identificados como adoptantes de la tecnología, usan o han usado el *pileteo*, el 57% restante no utilizan este componente tecnológico. El análisis de la información anotada sobre los dos grupos de variables, lleva a concluir que el tiempo de conocimiento y experimentación de una tecnología por el productor en su predio es básico para que se dé una adopción exitosa. Además, la adopción del pileteo fue independiente del resto de los componentes tecnológicos y claramente diferenciada, el pileteo tuvo un menor índice de adopción que el resto de los componentes tecnológicos. Hernandez y Porras (2006) reportan que existen estas diferencias entre componentes en la adopción de las innovaciones tecnológicas.

### *3.2.2. Adopción de la innovación y ventajas de la tecnología*

Al tercer grupo (CP 3) de variables se le asignó el nombre de “ventajas del uso de la tecnología”, abreviada como *ventajas*, e incluyó a las variables que implicaban obtener información sobre las ventajas al usar la siembra de cebada en surcos contra al voleo, su valor se integró por seis variables individuales. Esta variable múltiple representó aproximadamente el 9% de la variabilidad o varianza total, entre las 60 variables originales incluidas en este análisis.

Los productores clasificados como con alto conocimiento y percepción de altas ventajas con la innovación (32%) son de una edad promedio de 48 años, tienen prácticamente toda su vida en la región como agricultores y tienen de 6 a 10 años sembrando cebada, el 67%

de los productores tienen tierra ejidal, el 50% tienen educación primaria, el 33% de los productores siembra de 11 a 20 hectáreas y el 75% ha usado el sistema tradicional de siembra al voleo. Los productores de este grupo conocen el sistema de siembra en surcos doble hilera, la sembradora especializada requerida, la cantidad de semilla o densidad de siembra usada, la piletadora, la fertilización recomendada y el control de maleza sugerido con esta tecnología.

En lo que se refiere a las ventajas de la tecnología observan altas ventajas en cuanto a un mayor rendimiento, reducción de costos de producción y menor cantidad de semilla utilizada con la innovación tecnológica estudiada. De los diferentes componentes tecnológicos, los productores recomiendan la reducción en la densidad de siembra con este sistema, de 100 a 80 kilogramos por hectárea de semilla, al compararse con el sistema al voleo tradicional. Mesa y Machado (2009) mencionan que los productores adoptantes son importantes para la capacitación del resto de los productores; de igual forma, los productores innovadores, como menciona Rogers (1986) son relevantes para convencer a otros productores sobre la ventaja de la innovación.

El 75% de los productores de este grupo ha buscado información agropecuaria en las instituciones, como SAGARPA y SEDAGRO, y el 50% de los productores han visitado el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP. En el aspecto de su relación con

agentes de cambio, una proporción importante de productores (67%) tuvo contacto con técnicos en el año 2009, de una a cinco ocasiones, principalmente con los temas de preparación del suelo y métodos y densidad de siembra, y todos consideran muy útil el tener contacto con los agentes de cambio. Kalirajan y Shand (1985) han argumentado que en los casos en que las nuevas tecnologías están bien adaptadas a las condiciones locales, la observación de los vecinos y la receptividad a la asistencia técnica puede ser más importante que el nivel de educación.

En lo que se refiere al contacto del productor con los medios de comunicación, el 67% de los productores mencionaron leer periódico, el 50% lee revistas con temas agropecuarios, el 58% escucha la radio, el 23% ve la televisión, el 75% asistió a una demostración técnica en los últimos tres años y no tiene acceso al Internet. El proceso de difusión y adquisición de nuevas tecnologías hacia los productores es clave y está relacionado con el tamaño de los predios, los productores grandes tienen un mayor contacto con información actualizada para su experimentación en las condiciones del productor (Feder *et al.*, 1985).

### *3.2.3. Adopción de la innovación y beneficios económicos de la tecnología*

El análisis de componentes principales identificó un cuarto grupo (CP 4) de variables, al que se le asignó el nombre de

“resultados económicos de la tecnología”, abreviada como **resultados económicos**, e incluyó a las variables que implicaban la percepción de los productores sobre la evaluación económica de los diferentes componentes tecnológicos, con excepción de pileteo, su valor se integró por cinco variables individuales.

Se compararon los valores de los CP de dos grupos de productores. Uno, el grupo de productores con alto conocimiento y alta percepción de los resultados económicos, que integró al 30% de los productores identificados como adoptantes. Dos, el grupo con bajo conocimiento y una percepción de bajo impacto económico de la tecnología adoptada, en el que se incluyeron al 10% de los productores adoptantes (Cuadro 1).

De acuerdo con la información del Cuadro 1, existen diferencias significativas en variables como el tiempo de conocer y usar la tecnología, los valores de percepción altos en el beneficio de usar la tecnología y contacto con medios de comunicación (periódico) o instituciones del sector. En general, se puede decir que los productores con mayor conocimiento de la tecnología y mayor percepción de beneficios (Grupo 1) tienen más tiempo de conocer y evaluar la tecnología, mayor percepción de los beneficios al usar la innovación y mayor contacto con los técnicos que los de bajo nivel (Grupo 4). Lo cual coincide con los trabajos de Kalirajan y Shand

(1985). El resto de las variables no fueron significativas  $P \geq 0.05$  (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Características tipológicas, de conocimiento de tecnología, percepción de los beneficios de usar la tecnología y de contacto con técnicos y medios de comunicación en productores con diferente nivel de adopción tecnológica y percepción de beneficios.

<b>Variable</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 4</b>	<b>Prob.</b>
Edad	45 años	49 años	.30
<b>Tiempo en la región</b>	<b>31 a 45 años</b>	<b>16 A 30 años</b>	<b>.05</b>
Tiempo de agricultores	16 a 30 años	16 A 30 años	.94
Tenencia ejidal	63%	75%	.68
Educación primaria	45%	50%	.67
Superficie con cebada	21 a 30 Has	21 a 30 Has	.21
<b>Tiempo de conocer la tecnología</b>	<b>4 años</b>	<b>3 años</b>	<b>.05</b>
<b>Tiempo de usar la tecnología</b>	<b>3 años</b>	<b>2 años</b>	<b>.05</b>
<b>Percepción de los beneficios</b>	<b>82%</b>	<b>25%</b>	<b>.05</b>
Beneficios con sembradora	100%	75%	.09
Beneficios con fertilización	82%	75%	.77
Beneficios con densidad	100%	75%	.09
<b>Beneficios en control de maleza</b>	<b>91%</b>	<b>25%</b>	<b>.01</b>
<b>Búsqueda de información en el sector</b>	<b>82%</b>	<b>0%</b>	<b>&lt;.01</b>
Ha visitado el campo experimental	45%	0%	.09
Contacto con técnicos	64%	25%	.18
<b>Periódico</b>	<b>63%</b>	<b>0%</b>	<b>.05</b>
Revistas especializadas	55%	50%	.88
Radio	73%	75%	.93
Televisión	18%	25%	.77
Demostración técnica	90%	75%	.43
Internet	27%	0%	.24

### ***3.3 Análisis de correlación entre las variables del proceso de adopción tecnológica***

Existe una importante diversidad de resultados sobre la relación benéfica entre la productividad del sistema de producción y la adopción de las innovaciones tecnológicas, para los productores agrícolas. Se ha mencionado que la adopción de aquellas innovaciones que tienen que ver con la parte financiera es más sencilla y expedita, que la que tiene que ver con otros parámetros como calidad y seguridad (Poon *et al.*, 2006). No existen reportes que hayan usado un enfoque multivariado en este sentido, solamente existen algunas publicaciones con análisis de correlación bivariado (Chirwa, 2005; Allub, 2001). El análisis multivariado se convierte así en una herramienta poderosa para poder describir de un modo más sencillo este impacto.

El análisis de correlación canónica permite llevar a cabo un análisis de correlación de manera conjunta de un grupo de variables múltiples o variables canónicas, en lugar de una correlación individual con variables simples o sencillas. El análisis genera una serie de ecuaciones múltiples y sus correlaciones, encontrando la más alta correlación entre las dos primeras variables múltiples y posteriormente conforme se van generando nuevas variables canónicas, el nivel de correlación se va reduciendo.

Los grupos de variables usados en el análisis de correlación canónica fueron seis, los cuales fueron definidos como: productividad, beneficios, conocimiento, adopción, tipología y contacto con medios de comunicación.

Las variables de productividad incluyeron aspectos, como rendimiento, precio y las ventajas que percibía el productor con la innovación, por ejemplo en la reducción de actividades como las prácticas de labranza.

Las variables de beneficio fueron aquellas que percibía el productor como un beneficio económico dentro de su actividad, en este sentido se usó la percepción general sobre la tecnología así como las percepciones para los diferentes componentes tecnológicos.

Las variables relacionadas con el conocimiento fueron aquellas que indagaron en la encuesta sobre el nivel de conocimiento y experimentación de los productores sobre los componentes tecnológicos que integraron a la innovación tecnológica bajo estudio.

La percepción del nivel de adopción de la innovación tecnológica fue estudiada a través de un grupo de variables que incluyó el uso actual de la innovación y sus diferentes componentes tecnológicos y de la recomendación que daba el productor sobre éstos.

La tipología del producto es un grupo de variables que se considera importante en los estudios socioeconómicos, en este caso se incluyeron algunas como edad, tiempo de residencia en la región, experiencia como productor y nivel de educación, entre otras.

Finalmente, un último grupo de variables incluido fue el del contacto del productor con los medios de comunicación. Se definieron una serie de pares de grupos de variables para complementar la información sobre la adopción de la tecnología SDHP (siembre en surcos doble hilera y pileteo) con un análisis de correlación canónica multivariada (Cuadro 2). Las salidas del análisis de correlación canónica obtenidas permitieron estimar el coeficiente de correlación cuadrado y su probabilidad, para determinar cuáles de los pares de variables eran significativas.

Cuadro 2.- Grupos de variables usados en el análisis de correlación canónica, como variables dependientes e independientes, coeficiente de correlación canónica cuadrado y probabilidad de significancia para el primer grupo de correlaciones en cada pareja.

Grupo de variables dependientes	Grupo de variables independientes	R <sup>2</sup>	Prob.
Productividad	Adopción	0.74	0.05 *
Productividad	Tipología	0.68	< 0.01 **
Productividad	Conocimiento	0.94	< 0.01 **
Beneficios	Conocimiento	0.91	< 0.01 **
Beneficios	Tipología	0.58	0.19 NS
Beneficios	Adopción	0.84	< 0.01 **
Conocimiento	Tipología	0.94	< 0.01 **
Conocimiento	Contacto	0.68	0.51 NS
Adopción	Tipología	0.56	0.51 NS
Adopción	Contacto	0.59	0.37 NS

NS= No significativa, \* = Significativa a P=0.05, y \*\* = Significativa a P=0.01 o menos.

La interpretación del análisis de correlación canónica llevó entonces a definir cuáles de las variables individuales incluidas en el grupo de la variable canónica, fueron las más relevantes en la correlación. A continuación se hace una descripción de las relaciones significativas encontradas:

**a) Productividad.** En el caso de las variables que midieron la productividad y la adopción de la innovación, su correlación fue significativa, indicando que la percepción del productor sobre la

productividad de su sistema y el uso de la innovación están asociadas. De manera específica, en el caso de la productividad, la percepción de los productores fue que con la innovación se mejora la posibilidad de usar la cultivadora, se reducen pasos de maquinaria y se evita pérdidas de agua y suelo. Esta variable está correlacionada con el uso o adopción del componente tecnológico de la fertilización por parte del productor. Otra correlación calculada, para estas mismas variables canónicas, incluyó la variable rendimiento de grano y a la del tiempo de uso de la sembradora especializada, la cual no fue significativa. Esto lleva a sugerir que la adopción tecnológica no necesariamente mejora los rendimientos por unidad de superficie.

En el caso de productividad y tipología, se obtuvo una correlación significativa (Cuadro 2). Los productores que tienen mayor edad y menor tiempo de ser agricultores perciben que una ventaja importante de la innovación es que evita la pérdida de agua y suelo en un mayor nivel, en contraste con los productores jóvenes o con mayor experiencia.

La productividad y el conocimiento de la innovación también presentaron una correlación significativa (Cuadro 2). En este aspecto, es posible decir que los productores que expresaron tener mayor tiempo de conocer la tecnología, la sembradora y la densidad de siembra, y tener mayor tiempo de experimentación con la innovación no perciben un mayor grado de mejora en el precio de la cebada.

**b) Beneficios Económicos.** La percepción de los productores sobre los beneficios de la innovación y sus componentes tecnológicos tuvo una correlación significativa con el conocimiento de la innovación y la adopción de la misma pero no fue significativa con la tipología del productor, es decir las características del productor no se asocian con el nivel de percepción de los productores sobre el beneficio económico de la innovación o sus componentes tecnológicos.

En lo que se refiere a las correlaciones significativas, es posible comentar que los productores con un mayor grado de conocimiento del sistema de siembra en surcos y la prueba de éste en su predio perciben mayores beneficios económicos con el sistema donde se aplicó la innovación, que con el sistema tradicional al voleo. Esto sugiere que el conocimiento de la innovación y la experimentación en el predio del productor es importante para que el productor perciba un beneficio al usar la innovación (Maksabedian, 1980). En la Figura 2 se presenta un gráfico con la correlación canónica obtenida, como un ejemplo de la asociación encontrada entre las variables anotadas.

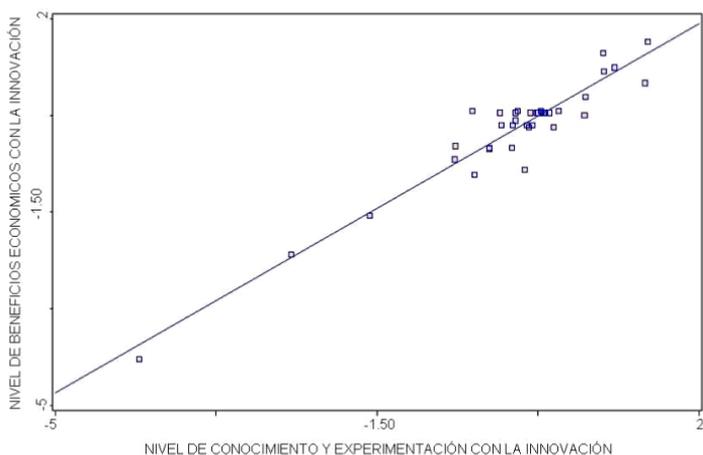


Figura 2. Correlación canónica entre las variables nivel de beneficio económico de la innovación y conocimiento y experimentación de la tecnología.

De igual forma, la correlación canónica significativa entre beneficios y adopción permitió identificar la adopción diferenciada de los componentes tecnológicos. El tiempo de uso de la sembradora especializada y el nivel de uso de la cultivadora para control de la maleza se encontraron asociadas con la percepción de que el uso de la sembradora tiene un alto beneficio económico. Esto indica que los productores identifican los componentes tecnológicos de manera independiente y que además requieren usarlos para percibir un mayor nivel de beneficios. De manera específica, la sembradora en surcos doble hilera es percibida por los productores como una buena inversión dentro de la innovación tecnológica promovida, esto coincide con reportes sobre la facilidad en la adopción de una

tecnología cuando se tiene un beneficio económico (Poon *et al.*, 2006).

**c) Conocimiento y adopción de la innovación tecnológica.** El análisis de correlación canónica de estas variables se llevó a cabo contra la tipología del productor y el contacto de éste con los medios de comunicación. El análisis indicó que la adopción de la innovación no está correlacionada con ninguna de las variables canónicas de tipología o contacto con medios, sugiriendo que existen otros factores más relevantes para que el productor use las innovaciones.

En el caso del conocimiento de la innovación, éste se correlacionó de manera significativa con la tipología del productor pero no con el contacto de éste con los medios de comunicación. Los resultados indican que un mayor tiempo de conocer la innovación tecnológica está asociada con la antigüedad que tiene el productor de vivir en la región. Esta correlación tiene lógica ya que se puede asumir que la innovación se promovió en la región solamente, no en otras regiones productoras del país, y que por lo tanto los que más tiempo tienen de vivir en la región tienen un nivel de conocimiento mayor.

### ***3.4 Retorno o impacto económico de la adopción tecnológica***

La superficie sembrada con cebada maltera en el estado de Zacatecas es de alrededor de 16,501 ha (SAGARPA, 2008). El rendimiento de cebada en el Estado varía año con año de acuerdo a las condiciones climáticas, sin embargo, en los últimos años se ha registrado un promedio de 1.98 ton/ha. Con la tecnología mencionada el rendimiento se incrementa en más del 26% por lo que se logran obtener 2.5 toneladas por hectárea (Cabañas *et al.*, 2004). El costo de producción con el uso de esta tecnología se incrementa en un 16.16% en comparación con la tecnología convencional (al voleo) debido a algunos costos adicionales como el surcado y otras labores culturales propias de la nueva tecnología.

Con el fin de cuantificar los beneficios económicos inducidos por la innovación tecnológica generada por el INIFAP, es necesario describir sus diferencias productivas, en las parcelas de los agricultores, con respecto a la tecnología convencional utilizada en la región, conocida como al voleo, la cual debe considerarse como testigo (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Características económicas distintivas de la tecnología “siembra en surcos en doble hilera y pileteo” en cebada maltera en el estado de Zacatecas.

<b>Atributos o características</b>	<b>Siembra convencional (al voleo)</b>	<b>Innovación tecnológica (SDHP)</b>
Rendimiento medio regional a nivel parcela de productor (Ton/ha)	1.98	2.5
Costo medio de producción (\$/ha)	4, 57.66	5,642.92

Generalmente, el impacto potencial de nuevas técnicas de producción se presentan como un desplazamiento hacia la derecha de la curva de oferta, o bien, como una disminución de los costos unitarios. Ese desplazamiento corresponde con el aumento en la producción que surge del incremento en los rendimientos inducidos por la innovación técnica en cuestión. Este cambio en la producción se debe transformar en un desplazamiento vertical equivalente que represente el efecto de ese cambio en la reducción del costo unitario (González et al., 2004).

Con el fin de estimar los beneficios económicos que la innovación tecnológica tiene en la economía regional, se asume que el proceso de adopción es estocástico y que tiene forma funcional sigmoideal (Rogers, 1986). El proceso de investigación y validación duró catorce años, el proceso propiamente dicho de la adopción se

inició en 2007. El costo de la investigación consideró los aportes de la Fundación Produce Zacatecas al proyecto, aunado a la inversión del INIFAP a través de los costos por los sueldos de los investigadores, personal técnico, administrativo, así como el costo de los insumos utilizados en los experimentos; este costo ascendió a \$4'188,084. Por otro lado se tienen los costos de la transferencia de la tecnología, los cuales incluyen gastos en parcelas demostrativas y otros eventos lo cual ascendió a \$106,882. La suma de ambos costos nos da un total de \$4'294,966.

En general, no es correcto asumir la adopción con certidumbre, sin embargo, se tomará un nivel máximo de adopción de 37%, de acuerdo con la superficie estatal dedicada a cebada. La probabilidad de éxito de la innovación tecnológica es de 85%, considerando que la tecnología funcionará cuando haya poca lluvia, pudiendo ser el 15% de los años.

En la presente evaluación se usó el modelo de economías abiertas, pequeñas y con distorsiones, porque es la estructura más adecuada a las condiciones actuales de México (González) *et al.*, 2006). Se asumió que el mercado de cebada en México es competitivo, y que para los productores agrícolas, los precios del cultivo son considerados como parámetros dados.

En el proceso de modelación del funcionamiento del mercado, las distintas clases de elasticidades son un componente esencial. La elasticidad precio de la oferta de cebada en México en esta evaluación es igual a 0.2, la cual indica que un aumento en el precio en una unidad porcentual hace aumentar la oferta de cebada en 0.2%. La elasticidad precio de la demanda que se usó en esta evaluación es -0.54 (Campos y Berattol, 2001). Este número indica que la demanda por cebada es inelástica. Se consideró un precio internacional equivalente sin distorsiones de \$ 2,168 por tonelada. Este precio está definido por el precio mundial, pero realmente es algún precio determinado fuera de la región de interés, que se aplica en la región y que no produce cambios en el mercado interno.

Al igual que para la actualización del recurso económico invertido en el proyecto, a través del tiempo, la tasa real de descuento utilizada para la actualización de los beneficios económicos fue de 5%, que corresponde a la tasa real para proyectos sociales.

Una vez parametrizado el modelo, de acuerdo con la información de producción, costos, mercado y precios previamente descrita; se analizó mediante el paquete DREAM 3.2 (Wood y Baitx, 1998), obteniendo la siguiente secuencia temporal de beneficios económicos aducidos la innovación tecnológica (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Beneficios económicos brutos inducidos por la tecnología “siembra en surcos en doble hilera y piletteo” en cebada maltera en el estado de Zacatecas.

<b>Años</b>	<b>Flujo de beneficios económicos</b>	<b>Años</b>	<b>Flujo de beneficios económicos</b>
1990	0.0	2025	8,517,980.00
2004	0.0	2026	8,366,530.00
2005	274,540.00	2027	8,197,230.00
2006	2,233,710.00	2028	8,009,110.00
2007	5,212,510.00	2029	7,801,150.00
2008	5,989,140.00	2030	7,572,300.00
2009	6,177,800.00	2031	7,321,450.00
2010	6,372,400.00	2032	7,047,450.00
2011	6,573,130.00	2033	6,749,100.00
2012	6,780,180.00	2034	6,425,130.00
2013	6,993,760.00	2035	6,074,230.00
2014	7,214,060.00	2036	5,695,040.00
2015	7,441,300.00	2037	5,286,120.00
2016	7,675,700.00	2038	4,845,990.00
2017	7,917,490.00	2039	4,373,090.00
2018	8,166,890.00	2040	3,865,800.00
2019	8,424,150.00	2041	3,322,440.00
2020	8,689,510.00	2042	2,741,220.00
2021	8,962,330.00	2043	2,120,330.00
2022	8,874,290.00	2044	1,457,840.00
2023	8,770,990.00	2045	751,760.00
2024	8,652,500.00	2046	0.00
		<b>TOTALES</b>	<b>52,326,980.00</b>

Tres son los indicadores evaluativos que se utilizaron: el valor actual neto (VAN), la relación beneficio-costo (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR) (Cuadro 5), cuyo cálculo se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido por Gittinger (1989).

En el Cuadro 5 se indica que se invirtió en investigación y transferencia \$ 3'123,967, a valor presente, de los cuales el productor recibirá un beneficio de \$ 52'326,980, este beneficio será atribuible al aumento de los rendimientos. Descontando los costos de los beneficios al productor se obtiene un beneficio del proyecto de \$ 49'203,000, esto implica una Tasa Interna de Retorno de 21.18, la cual supera la tasa real social de 5%, y una Relación Beneficio/Costo de 16.75, esto significa que por cada peso invertido en la generación y/o difusión de esta tecnología, el país indujo 16.75 pesos en beneficios económicos netos para los agricultores de la región. Los consumidores no se beneficiaron porque el precio no bajó, es decir, permaneció fijo. Estos parámetros sugieren que la inversión hecha por diferentes instancias en el desarrollo del proyecto es rentable y benéfica para México, como se ha demostrado en otras tecnologías como el mejoramiento genético de la cebada en México (González *et al.*, 2006).

Cuadro 5.- Indicadores de impacto de la tecnología “siembra en surcos en doble hilera y pileteo” en cebada maltera en el estado de Zacatecas.

	Beneficio			Costo	Retorno		
	Productores	Consumidores	Gobierno	Costo	(B-C)	(B/C)	TIR
<b>Zacatecas</b>	52'326,980	0.00	0.00	3'123,967	49'203,000	16.75	21.18

### 3.5. Evaluación del impacto social en la adopción tecnológica

En este apartado se hace referencia al bienestar social medio de los agricultores adoptantes de la innovación tecnológica, este concepto de bienestar social es un concepto agregado o marco, cuya definición y medición deben basarse en la rama de la economía conocida con el nombre de Teoría del Bienestar (González, *et al.*, 2006). El índice de bienestar que se utilizó aquí, es el índice equivalente de ingreso, que expresa el ingreso que se requiere para alcanzar cada uno de los distintos niveles de bienestar social.

Los impactos netos medios sobre el bienestar social de los agricultores que adoptaron la innovación tecnológica equivalen a 52.3 millones de pesos a precios de 2010.

Dado que la superficie media sembrada por predio es de 39.5 ha. y considerando que la innovación tecnológica evaluada se sembró en promedio en una superficie de 1462 ha. por año, se estima que el número de agricultores beneficiados anualmente fue de 37.

La tecnología evaluada es neutral, es decir, los agricultores se benefician de ellas en proporción directa a la superficie en la que la apliquen. La ganancia extraordinaria media producida por la innovación tecnológica equivale a \$87,375 al año para un agricultor con 10 ha. y así sucesivamente (Figura 3).

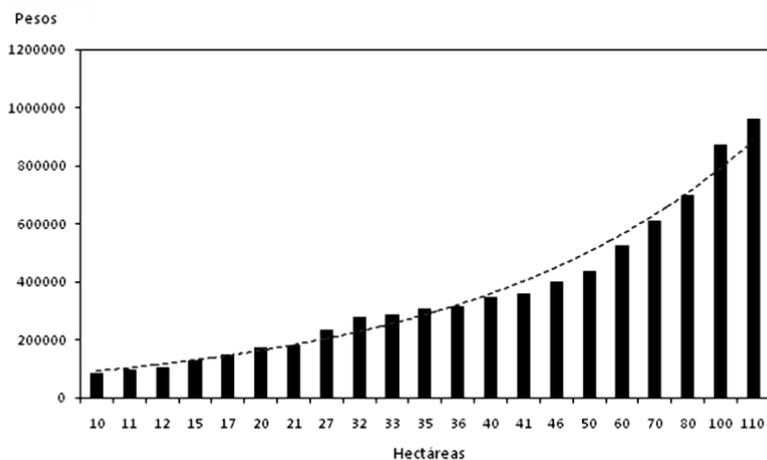


Figura 3.- Ganancia extraordinaria media neta por tamaño de predios en ha (pesos 2010).

La ganancia media de bienestar por agricultor adoptante, es el incremento en el rendimiento de 1.98 a 2.5 ton/ha, es decir, un productor con una superficie cosechada igual a 10 ha equivale a un aumento en el ingreso de \$10,321.4 pesos por año.

Dado que la tecnología evaluada representa cambios técnicos neutrales por lo que respecta a la distribución de los excedentes a los productores, las funciones correspondientes de distribución o de Lorenz dependen directamente de la distribución de la superficie cultivada.

La curva de Lorenz para la tecnología sembrada en condiciones de temporal se presenta en la Figura 4.

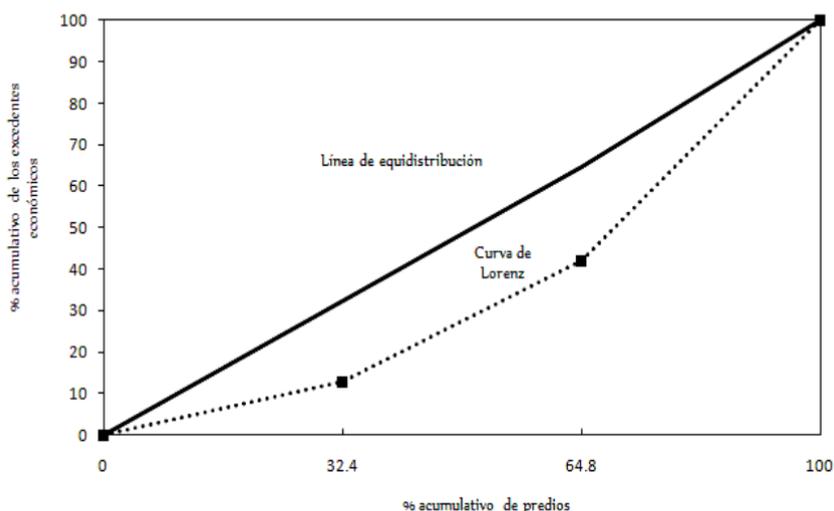


Figura 4.- Distribución de Lorenz de los excedentes económicos de la innovación tecnológica en cebada maltera.

El coeficiente de Gini es un indicador de desigualdad en la distribución de los beneficios sociales de la innovación tecnológica. Una distribución equitativa se representa con una recta diagonal en el cuadrante y con un coeficiente igual a cero, lo que significa que no existe desigualdad en la distribución y entre mayor sea el coeficiente mayor es la desigualdad. El coeficiente de Gini calculado para la innovación tecnológica es de 30.06% lo que significa que existe una distribución desigual en los excedentes.

En lo que respecta a los diversos aspectos sociales investigados, con el objeto de evaluar el impacto en el bienestar social, derivado de la adopción tecnológica, y obtenidos directamente de los productores encuestados a continuación, se presentan algunos comentarios sobre los puntos en los que se concentran la distribución de opiniones según la variable social sobre la que se indagó.

**Aprendizaje:** los productores entienden en su mayoría (83.9%) que la adopción de tecnología altera positivamente el aprendizaje de los trabajadores en el propio desarrollo de la actividad laboral.

**Riesgo:** el 55.2% percibe que la incorporación tecnológica en su parcela no afecta el riesgo que todo cultivo o actividad productiva conlleva.

**Mano de obra:** según las percepciones de los productores este rubro no se ve afectado por la innovación tecnológica, ya que de manera directa no se generan empleos, si bien este rubro puede ser importante para las empresas que se dedican a la fabricación de sembradora, puesto que ahí si aumentarían o mantendrían los empleos por un incremento en la demanda.

**Asociación con otros productores:** el 84.3% de los productores no pertenecen a ninguna organización. A pesar de que cada vez es más evidente la necesidad de asociación, puesto que la falta de organización en el medio rural es considerada como un factor de influencia en los bajos niveles de rentabilidad, competitividad y desarrollo de la agricultura, sin embargo, la mayoría de los productores comentan que les gustaría ser miembros de alguna organización.

La encuesta a productores indagó acerca de la percepción que tienen éstos sobre los impactos económicos derivados de la adopción de los componentes tecnológicos analizados.

Ante la pregunta hecha a los productores ¿cómo se reflejaron los cambios tecnológicos en los resultados económicos de su explotación?, el 65.3% de los productores perciben que su economía mejoró mucho, el 16.8% observó que mejoró poco y solo 17.6 % no observaron cambios en sus ingresos (Figura 5). La percepción de que

los componentes tecnológicos propuestos, para el cultivo de cebada, impactan positivamente en los resultados económicos, es tan generalizable, que no se presentaron casos de respuestas de percepción negativa.

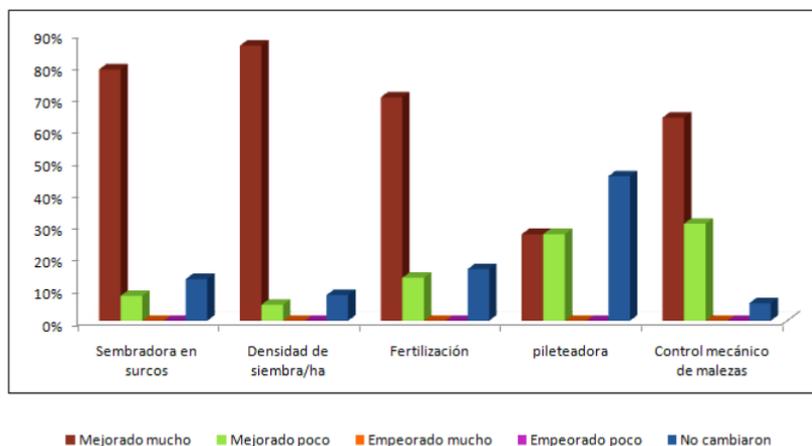


Figura 5.- Percepción de los productores sobre los resultados económicos en el cultivo de cebada maltera, al aplicar los componentes de la innovación tecnológica.

### 3.6. Evaluación del impacto ambiental en la adopción tecnológica

La evaluación de impacto ambiental, es un proceso destinado a prever e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede ocasionar en el medio ambiente. En este sentido, la evaluación de impacto ambiental se enmarca en un proceso más amplio, ligado enteramente a la toma de decisiones sobre la conveniencia o no de un proyecto concreto.

El proceso de la evaluación y predicción de los impactos ambientales generados por la adopción de tecnologías, se basa en la identificación de las interrelaciones que se producen entre las actividades del proyecto y los factores socio-ambiental descritos en la línea base.

Esta interrelación permite evaluar la capacidad de afectación sobre el entorno socio-ambiental que tiene cada una de las actividades de la tecnología y sustentar el planteamiento de medidas de mitigación, prevención, control o compensación de esos efectos.

A continuación se describe el impacto en cada componente, de acuerdo a la entrevista efectuada a productores, técnicos e investigadores que conocen la innovación tecnológica:

**Agua:** la actividad que genera impacto positivo en este recurso es el pileteo, ya que si se implementa en el sistema en surcos se retiene más agua de lluvia en el área de cultivo.

**Aire:** se reduce la cantidad de partículas de polvo en el aire al reducir la erosión, por tanto es positivo. No se generan gases contaminantes a la atmosfera por ninguna actividad de la innovación tecnológica.

**Suelo:** la presencia de surcos y piletas reduce la erosión o pérdida del suelo y posiblemente a largo plazo pudiera haber mejora en la materia orgánica.

**Flora:** se determina un factor neutro ya que el sistema no modifica este componente del impacto ambiental. Puesto que con la implementación de la innovación tecnológica no hay remoción de la cubierta vegetal.

**Fauna:** el sistema no modifica este componente del impacto ambiental, ya que las actividades desarrolladas en la innovación tecnológica no generan efectos sobre la calidad del hábitat y en consecuencia sobre los animales que se encuentran en el área.

Los resultados del impacto ambiental se consideraron positivos y neutros para las componentes ambientales: agua, aire, suelo, flora y fauna, por tanto las actividades de la innovación tecnológica no deterioran los recursos naturales.

A pesar de que existió un consenso en que los impactos del proyecto son positivos, se puede comentar que al estimar el nivel de impacto de las componentes ambientales los entrevistados lo consideraron bajo, salvo las componentes suelo y socioeconómica las

cuales tiene un impacto positivo alto ya que se encuentran influidas por la disminución de erosión y el incremento en la rentabilidad del cultivo, sin embargo al analizar los impactos negativos los encuestados observar un impacto negativo medio, debido al aumento en los costos de producción de la innovación tecnológica en comparación con la tecnología tradicional (Figura 6).

De esta manera, la adopción tecnológica no afecta al medio ambiente, además su alta influencia al componente socioeconómico propician que la tecnología sea factible y benéfica para el productor en particular y para las comunidades en general.



Figura 6. Indicador de los impactos positivos y negativos para las componentes ambientales.

Lo anterior es importante ya que la transferencia y adopción debe considerarse como un elemento fundamental en el desarrollo de los países, para afrontar la pobreza, cubrir las necesidades de alimentos y la sustentabilidad de los recursos naturales (The World Bank Group, 2000).

#### **4. CONCLUSIONES**

Se calculó un índice de adopción de la tecnología del sistema de siembra en surcos doble hilera con pileteo en cebada, sembrada de temporal, del 27%.

Los factores relevantes en la adopción de la tecnología evaluada, en forma general, fueron el tiempo de conocer la tecnología y la experimentación de ésta por el productor en su predio. El productor requiere tiempo para conocer la innovación y para evaluarla en las condiciones de su sistema de producción.

Una innovación tecnológica puede estar integrada por diferentes componentes tecnológicos y el uso o no de ellos tiende a ser diferenciado, aspectos como la sembradora especializada fueron fácilmente adoptados, mientras que se encontró que la práctica del pileteo no fue adoptada por los productores. Esto es importante ya que la adopción de los componentes tecnológicos no se manifiesta con la misma magnitud o bien que el proceso de adopción y desadopción de un componente tecnológico ocurre a diferente velocidad.

Al analizar la tecnología en general, se concluye que un mayor nivel de adopción de la siembra en surcos doble hilera y pileteo en cebada maltera estuvo también relacionado con la percepción del productor en la mejora de la productividad, como reducción en el paso de rastras, mejor control de la maleza y menor pérdida de agua y suelo.

Los productores con un mayor grado de conocimiento del sistema de siembra en surcos, y con mayor experimentación en su predio, perciben mayores beneficios económicos cuando se usa el sistema de la innovación, que con el sistema tradicional, al voleo.

La inversión realizada en la tecnología de la siembra en surcos doble hilera y pileteo para cebada tiene una Tasa Interna de Retorno de 21.18%, lo cual justifica el asignar fondos públicos para la investigación y transferencia de tecnología.

La innovación tecnológica se siembra en promedio en una superficie de 1,462 hectáreas y se estima que se benefician a 37 productores anualmente. La distribución de los excedentes económicos es desigual, puesto que los productores se benefician de ellos en proporción directa a la superficie aplicada.

La percepción generalizada de los productores es que los componentes tecnológicos impactan positivamente sobre los resultados económicos del cultivo, no existiendo casos de respuestas de percepción negativa.

De acuerdo a la evaluación realizada: a) el impacto de las componentes ambientales es positivo y bajo y b) el componente económico tiene un incremento en la rentabilidad del cultivo, recomendando por tanto esta innovación tecnológica.

## 5. LITERATURA CITADA

- Allub, L. 2001. Aversión al riesgo y adopción de innovaciones tecnológicas en pequeños productores rurales de zonas áridas: un enfoque causal. *Estudios Sociológicos* 19 (2): 467- 493.
- Alviar, M; Dominguez, L y O’Ryan R. 2007. Introducción a la economía ambiental. Segunda edición. Editorial McGraw- Hill. Pp 21.
- Antle, J. M. and C. C. Crissman. 1990. Risk, Efficiency, and the Adoption of Modern Crop Varieties: Evidence from the Philippines. *Economic Development and Cultural Change* 39: 517-537.
- Cabañas, B., G. Galindo, J. Mena y G. Medina. 2004. La siembra en surcos y corrugaciones con pileteo en cebada maltera de temporal en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 4, pp. 17-31.
- Cabañas, B. 2002. Validación de variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare L.*) y sistemas de siembra para captar y retener el agua de lluvia del temporal en Zacatecas. . Informe Final de Proyecto. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas.

- Campos, A. y Berattol E. 2001. Análisis del impacto económico del contrato INIA – CCU para el mejoramiento genético de la cebada cervecera en Chile. *Agricultura Técnica* 61(3): 352-366.
- Chirwa E. W. 2005. Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi. *Development Southern Africa* 22(1): 1-13.
- Clavero, T. y J. Suárez. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, 29 (3): 307-312.
- Feder, G., R. E. Just, and D. Zilberman. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change* 33: 255-98.
- Gittinger, P. 1989. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. 2º edición. Editorial Tecnos. Madrid, España. 532 p.
- González, A., J. Mena, R. Martínez, S. Wood. 2004. Impacto económico del control de la araña roja en México en plantaciones de durazno. *Publicación técnica Núm. 9*. México.

- González, A., S. Solano, F. Ramírez, M. Díaz, L. Márquez, A. Ibáñez, J. Islas y S. Wood. 2006. Impacto económico del mejoramiento genético de la cebada en México: Variedad esperanza. Publicación técnica Núm. 20. México
- Hernández, C. y F. Porras. 2006. Estudio sobre la adopción de variedades mejoradas de frijol en las principales zonas productoras de frijol de la región Brunca de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 17(3): 357-367.
- Kalirajan, K. P. and R. T. Shand. 1985. Types of Education and Agricultural Productivity: A Quantitative Analysis of Tarnil Nadu Rice Farming. *Journal of Development Studies* 21: 232-243.
- Lago, L. 1997. Identificación, descripción y evaluación de impacto ambiental. Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel. Cuba. Pp 30-50.
- Lee, D. R. 2005. Agricultural sustainability and technology adoption: issues and policies for developing countries. *Amer. J. Agr. Econ.* 87 (5): 1325–1334.

- Maksabedian, J. 1980. El proceso social en la innovación y la transferencia tecnológica. *Revista Latinoamericana de Psicología*. 12(1): 109-117.
- Mesa, R. y H. Machado. 2009. Capacitación de productores y directivos para la adopción de tecnologías de producción animal sostenible. *Pastos y Forrajes*, 32(1): 93-100.
- Palomino, H. and B. Lin. 2010. Technology, innovation and sustainability in sociocultural-ecological systems: a case in Mexico. *International Journal of Sustainable Economy*, 2 (2): 210-223.
- Poon, C., A. Jha, M. Christino, M. Honour, R. Fernandopulle, B. Middleton, J. Newhouse, L. Leape, D. Bates, D. Blumenthal and R. Kaushal. 2006. Assessing the level of healthcare information technology adoption in the United States: a snapshot. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 6(1):1-9.
- CIMMYT. 1993. La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. Programa de economía. México, D.F. CIMMYT.

- Rivera, A. y H. Romero. 2003. Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, México. *Avances en la Investigación Agropecuaria*. 21(2):20-40.
- Rogers, E. 1986. *Communication technology: The new media in society*, Free Press, New York. U.S.A.
- Rumayor A. 1993. Análisis de componentes principales en la investigación agropecuaria. *Investigación Científica*. Universidad Autónoma de Zacatecas. 1(4): 43-51.
- The World Bank Group. 2000. *Agricultural knowledge and information systems*. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org). Septiembre 2010.
- SAGARPA Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2006. *Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://siap.gob.mx> (Consultado el 18 de agosto de 2010).
- Sánchez, B. y Rumayor, A. 2010. Estudio sobre la innovación tecnológica en el sistema de producción de cebada de temporal en Zacatecas. *Resúmenes*. XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética. pp. 470.

- Salas, G., E. Landa, G. Gutiérrez, J. Suárez, R. Chávez, D. Val. 2008. Redes de innovación y transferencia tecnológica en sistemas bovinos de carne y doble propósito en Michoacán, México. *Pastos y Forrajes*, 31(1): 83-88.
- Seré C., D. Estrada J. E. Ferbuson. 1990. Estudios de adopción e impacto en pasturas tropicales. En: investigación con pasturas en fincas, CIAT. Palmira, Colombia.
- Welch, F. 1970. Education in Production. *Journal of Political Economy* 8: 39-59.
- Wood, S. y W. Baitx. 1998. DREAM: Manual para el usuario. IFPRI-IICA. San José, Costa Rica. 55 p.

## **REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN**

Dr. Alfonso Serna Pérez  
Dr. Guillermo Medina García  
Dr. José de Jesús Arellano Espinoza

## **DISEÑO DE PORTADA**

L.C. y T.C. Diana Sánchez Montaña

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo financiero para el desarrollo de este trabajo de investigación a la Fundación Produce Zacatecas A. C., y a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Se reconoce el trabajo y apoyo de los productores de cebada del estado de Zacatecas, con quienes tenemos un compromiso dentro de una responsabilidad compartida para la mejora de este sector productivo.

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de Marzo 2011 en la Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622, C. P. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.  
Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de 500 ejemplares

## **CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS**

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez ..... Dir. de Coordinación y Vinculación

### ***PERSONAL INVESTIGADOR***

Dr. Alfonso Serna Pérez ..... Suelo y Agua  
M.C. Blanca I. Sánchez Toledano ..... Socioeconomía  
M.C. Enrique Medina Martínez..... Maíz y Frijol  
M.C. Francisco Rubio Aguirre..... Pastizales y Forrajes  
Dr. Guillermo Medina García ..... Modelaje  
Dr. Jaime Mena Covarrubias ..... Sanidad Vegetal  
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez ..... Frutales Caducifolios  
M.V.Z. Juan Carlos López García ..... Caprinos-ovinos  
I.T.A. Juan José Figueroa González..... Frijol  
Dr. Luis Roberto Reveles Torres..... Recursos genéticos  
M.C. Ma. Dolores Alvarado Nava ..... Valor Agregado  
Ing. Ma. Guadalupe Zacatenco González..... Frutales Caducifolios  
Ing. Manuel Reveles Hernández ..... Hortalizas  
MC. Manuel de Jesús Flores Nájera ..... Ovinos-Caprinos  
Dr. Mario Domingo Amador Ramírez ..... Sanidad Vegetal  
Dr. Miguel Ángel Flores Ortiz ..... Pastizales y Forrajes  
Ing. Miguel Servin Palestina ..... Suelo y Agua  
M.C. Nadiezhda Y. Z. Ramírez Cabral ..... Modelaje  
Dr. Ramón Gutiérrez Luna..... Pastizales y Forrajes  
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez ..... Bioenergéticos  
Dr. Rodolfo Velásquez Valle ..... Sanidad Vegetal  
M.C. Román Zandate Hernández ..... Frijol



Vivir Mejor



[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias