

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO, APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE ENCUESTAS SOBRE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN PRODUCTORES RURALES

M.C. Blanca I. Sánchez Toledano
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez
M.Sc. Agustín F. Rumayor Rodríguez

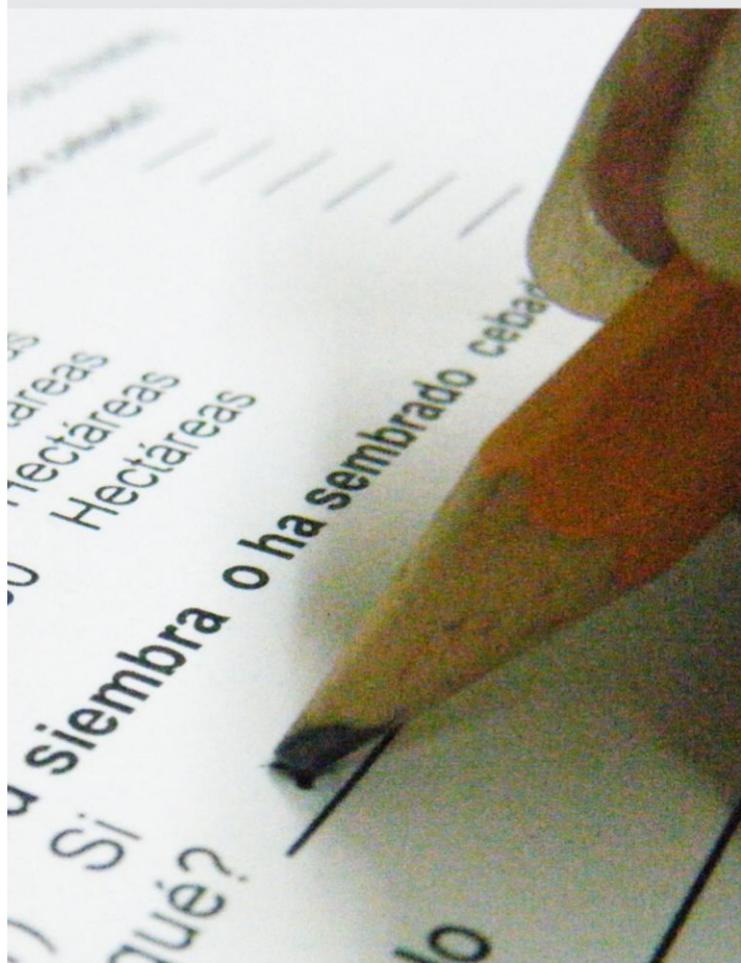


**GOBIERNO
FEDERAL**

SAGARPA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



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

FOLLETO TÉCNICO No. 39

ISBN: 978-607-425-789-2

MAYO 2012



SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

LIC. FRANCISCO JAVIER MAYORGA CASTAÑEDA

Secretario

MSc. MARIANO RUIZ-FUNES MACEDO

Subsecretario de Agricultura

ING. IGNACIO RIVERA RODRÍGUEZ

Subsecretario de Desarrollo Rural

ING. ERNESTO FERNÁNDEZ ARIAS

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

MSc. JESÚS ANTONIO BERUMEN PRECIADO

Oficial Mayor

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS

Director General

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

MSc. ARTURO CRUZ VÁZQUEZ

Coordinador 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 GPE. ECHAVARRÍA CHÁIREZ

Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

**Metodología para el diseño, aplicación y análisis de
encuestas sobre adopción de tecnologías en productores
rurales**

M. C. Blanca I. SÁNCHEZ TOLEDANO
Investigadora de Socioeconomía
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Dr. Jorge A. ZEGBE DOMÍNGUEZ
Investigador de Frutales Caducifolios
Campo Experimental Zacatecas

M. Sc. Agustín F. RUMAYOR RODRÍGUEZ
Investigador de Frutales Caducifolios
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Metodología para el diseño, aplicación y análisis de encuestas sobre adopción de tecnologías en productores rurales

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: 978-607-425-789-2

Primera Edición 2012

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., Zegbe, D. J .A., Rumayor, R. A. F. 2012. Metodología para el diseño, aplicación y análisis de encuestas sobre adopción de tecnologías en productores rurales. Folleto Técnico No. 39. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 80p.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADOPCIÓN TECNOLÓGICA	4
2. METODOLOGÍA	8
2.1. DISEÑO DE ENCUESTAS	10
2.1.1. <i>Indicadores cuantitativos utilizados en la encuesta</i>	12
2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	17
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	22
2.3.1. <i>Análisis de componentes principales</i>	23
2.3.1.1. <i>Procedimiento e interpretación</i>	25
2.3.1.2. <i>Conclusiones y aplicaciones del ACP</i>	31
2.3.2. <i>Análisis de conglomerados</i>	33
2.3.2.1. <i>Procedimiento e interpretación</i>	39
2.3.2.2. <i>Conclusiones y aplicaciones del AC</i>	42
2.3.3. <i>Correlación canónica</i>	44
2.3.3.1. <i>Procedimiento e interpretación</i>	46
2.3.3.2. <i>Conclusiones y aplicaciones del ACC</i>	58
2.3.4. <i>Análisis canónico discriminante</i>	60
2.3.4.1. <i>Procedimiento e interpretación</i>	66
2.3.4.2. <i>Conclusiones y aplicaciones del análisis canónico discriminante</i>	69
2.3.5. <i>Pruebas de hipótesis no paramétricas</i>	70
2.3.5.1. <i>Procedimiento e interpretación</i>	72
2.3.5.2. <i>Conclusiones y aplicaciones de la prueba de hipótesis no paramétrica</i>	76
4. LITERATURA CITADA	76

1. Introducción

Es de importancia para las instituciones involucradas en el desarrollo del sector agropecuario conocer el grado de adopción y la velocidad con que las innovaciones tecnológicas son aceptadas por los usuarios. Es decir, cómo y cuándo, una novedad o innovación tecnológica deja de ser experimental y se transforma en una práctica de uso común en el sector social.

Por adopción se entiende, en el contexto de las innovaciones tecnológicas, como el proceso por el cual, el productor agropecuario sustituye una actividad por otra, previamente desconocida. Ello implica aprendizaje y cambios en el sistema de producción (Seré *et al.*, 1990).

Rogers (2003), define la difusión como el proceso mediante el cual una innovación es comunicada en el tiempo y difundida por determinados canales, entre los miembros de un sistema social. Esta difusión constituye un tipo especial de comunicación, ya que el mensaje tiene como objetivo difundir nuevas ideas.

Una práctica nueva o innovación tecnológica puede ser el desarrollo de un herbicida más económico y eficaz en el control de malas hierbas; otros podrían ser la generación de semilla mejoradas, una nueva raza de ganado, prácticas de prevención

de incendios para el bosque, un ajuste en la fecha y densidad de siembra, maquinaria agrícola nueva, el cambio en la forma de siembra o de cosecha de un producto, entre otros. También, una innovación tecnológica puede estar integrada por diferentes componentes tecnológicos los cuales pueden fácilmente ser distinguidos por los usuarios.

La adopción de tecnología por los productores es muy variable y compleja. Ésta depende, entre otros factores, del grado de adiestramiento del productor, de experiencias previas, de la localidad, del sistema de producción, del costo de la innovación tecnológica, de la complejidad en la aplicación de ésta, e inclusive puede estar condicionada por situaciones culturales, políticas y religiosas.

No obstante que el desarrollo de una tecnología es largo, una vez terminada, ésta enfrenta siempre la posibilidad de ser aceptada o rechazada por el usuario potencial (i. e. por el agricultor, en este caso). Por lo tanto, determinar las razones que provocan uno u otro evento, es útil para los centros de investigación agropecuaria y para las instituciones encargadas de la difusión de la tecnología. Esto último facilita la búsqueda de estrategias, que permitan incrementar la probabilidad de que las innovaciones tecnológicas sean adoptadas en el menor tiempo posible; pero además conocer el impacto de éstas en un sistema de producción en particular. Al respecto, la FAO

(1988) sugiere que la generación y adopción de las nuevas tecnologías deben realizarse paralelamente con el productor, tomando en consideración su idiosincrasia, su cultura, sus intereses y las condiciones agroecológicas y económicas en la que éste se desarrolla. Estos aspectos representan, en la mayoría de los casos, una seria condición que limita la adopción de una tecnología.

Así, el presente trabajo define una estrategia general e integral, para realizar estudios de adopción tecnológica, y que incluye desde el diseño de encuestas hasta los procedimientos de análisis estadísticos. Además, se pretende mejorar la comprensión sobre la integración de los fenómenos biofísicos, sociales y económicos en la adopción tecnológica, de una forma estructurada. Por lo tanto, esta propuesta puede contribuir a:

- La identificación de los factores clave en el proceso complejo de adopción de las innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario y forestal.
- La definición del potencial que ofrece la experiencia estudiada, con el fin de determinar los mecanismos y medidas, a partir de las realidades y necesidades propias de los diferentes centros de investigación, campos experimentales o regiones, en los estudios de adopción de tecnologías.
- Dar la importancia y entendimiento al análisis estadístico multivariado como un procedimiento para identificar

posibilidades de relaciones constructivas, entre las diferentes variables o factores en la adopción tecnológica.

1.1 Factores que influyen en la adopción tecnológica

Monardes *et al.* (1993), definen los siguientes factores que explican la adopción de tecnología en la agricultura:

a) Tamaño del predio. Dependiendo de las características de la tecnología, el tamaño del predio puede tener diferentes efectos sobre el nivel de adopción. Un impedimento para la adopción de nuevas tecnologías por parte de pequeños agricultores, está relacionado con costos fijos relativamente altos que impiden la implementación de ésta. Además, el tamaño del predio determina una serie de aspectos que explican la adopción de tecnología, tales como el acceso a la información, el acceso al crédito, el requerimiento de mano de obra, entre otros.

b) Riesgo e incertidumbre. Mientras más información se tenga sobre una determinada tecnología, existe menor incertidumbre sobre la misma. La dificultad está en medir la cantidad y calidad de la información a la que ha tenido acceso el agricultor. Saber si el agricultor ha sido visitado por agentes de extensión o ha visitado centros demostrativos, como también, conocer el acceso a medios de difusión masiva (radio, revistas, internet, etc.). Otro aspecto que los agricultores consideran para evaluar el riesgo en la adopción de la tecnología está

relacionado con los costos y beneficios de producción asociados a la implementación de una tecnología en particular.

c) *Características del capital humano (productores)*. Estas particularidades se refieren a la importante relación entre el nivel de educación, la edad y la productividad del predio. Se asegura que, en general, los productores con mayor nivel de educación presentan una mayor habilidad para adaptarse a los cambios.

d) *Acceso a crédito*. El factor por si mismo influye en la decisión de adoptar o rechazar una nueva tecnología debido al costo asociado con la adopción de una determinada práctica.

e) *Abastecimiento de insumos*. Es importante disponer de insumos en forma continua, oportuna y en las cantidades que se requieran. Muchas veces, existen mercados de insumos poco desarrollados que no permiten un abastecimiento suficiente y oportuno. Esta es una razón por la cual, muchos agricultores no adoptan la tecnología moderna (Knox *et al.*, 1998).

f) *Disponibilidad económica*. Muchas prácticas agrícolas, requieren de una alta inversión que no siempre se encuentra disponible. En la práctica, restricciones económicas impiden que mucha de la tecnología moderna sea adoptada.

Por otro lado, Etchegaray (1998) menciona que los procesos de innovación y adopción de tecnología son afectados negativa y positivamente por factores de índole sociocultural, ambiental, económico, de mercado y políticas públicas.

a) *Factores socioculturales.* Se incluye la infraestructura social, haciendo referencia al transporte, los servicios de salud y educacionales, entre otros, existentes en las zonas rurales. Al respecto, en el caso de localidades aisladas, en donde la calidad del transporte es deficiente, o bien, es necesario cubrir largas distancias hasta los centros de consumo, la movilización y comercialización de productos silvoagropecuarios provenientes de estas áreas presentarán mayores dificultades, limitando así las oportunidades de innovación. En relación a los servicios educacionales existentes, la falta o insuficiencia de éstos, deberá considerar el fortalecimiento de capacidades y criterios en los destinatarios de una determinada tecnología, pertinentes al tipo de innovación que se promueve. También, son de consideración las prácticas tradicionales de sobrevivencia o culturales arraigadas en los grupos destinatarios, debiéndose fortalecerse las prácticas que resultan positivas para los procesos de innovación; pero paralelamente fomentar el reemplazo de aquellas prácticas que resultan contraproducentes.

b) Factores ambientales. Como ejemplo se puede mencionar la calidad de los suelos de un área objetivo determinada, situación que puede potenciar o dificultar el desarrollo tecnológico basado en este factor de producción. Cabe mencionar, además, otras variables relacionadas, tales como, la ubicación geográfica, el clima predominante, el relieve y la topografía del predio.

c) Factores de índole económica. Se incluyen situaciones de competencia entre sectores económicos presentes en un área determinada, presentándose casos de competencia por tierra y mano de obra, lo cual, puede incidir directamente en la disponibilidad relativa de estos factores de producción. Por otra parte, se considera el desempeño, de parte de productores rurales, de actividades productivas complementarias, por medio de las cuales, se persigue el propósito de mejorar el presupuesto familiar. Al respecto, se deben considerar actividades complementarias que potencian o generan sinergia con las actividades productivas que incluye la innovación, o bien, compiten con estas actividades, concentrando gran parte de los factores de producción disponibles.

d) Factores de mercado. Se considera el nivel de precariedad estructural y de funcionamiento de los mercados locales o cercanos, lo cual dificulta la promoción y comercialización de productos innovadores. Además, incluye el nivel de

intermediación de los mercados, el cual al ser mayor, dificulta la inserción de productos con resultados económicamente positivos para el productor.

e) *Factores políticos*. En este factor se indica el grado de compromiso de los líderes y autoridades locales, aspecto que determina la disposición de éstos para asumir desafíos, generar redes de apoyo, integración y articulación institucional, necesarias para apoyar los procesos de innovación.

2. Metodología

En el contexto de las innovaciones tecnológicas, por adopción se entiende, el proceso por el cual el productor agropecuario sustituye una actividad por otra, previamente desconocida. Ello implica aprendizaje y cambio en sus actividades 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 una evaluación después de que se ha recomendado o introducido una tecnología nueva (CIMMYT, 1993).

La evaluación de la adopción se realiza a través de una encuesta formal. Se sugiere que dicha encuesta sea personalizada, dirigida a una muestra representativa de productores, estimada adecuadamente.

La información obtenida en las encuestas se utiliza para caracterizar el proceso de adopción y los factores determinantes en este proceso. El diseño de la encuesta se fundamenta con la idea de recabar información sobre la percepción de los usuarios en relación al proceso de adopción de la tecnología, sus impactos, beneficios y retos enfrentados. La escala cualitativa usada en las opciones de respuesta en las encuestas es numérica, discreta, nominal u ordinal, algunas veces dicotómica (i.e. 1 ó 2; sí ó no) o escalas predeterminadas subjetivamente (i.e. 1, 2,...,10).

El análisis estadístico que se propone para llevar a cabo este tipo de estudios incluye técnicas multivariadas, y pruebas no paramétricas, que permiten el desafío de hipótesis en el contexto del problema. Las técnicas multivariadas son: análisis de aglomerados (cluster en inglés), componentes principales, y correlación canónica. El análisis de aglomerados permite agrupar a los productores con características similares; mientras que el análisis por componentes principales estudia la variación global de un grupo de datos sin preocuparse de agrupaciones predefinidas. El análisis de correlación canónica permite identificar el grado de percepción de los productores asociando el impacto de la nueva tecnología con procesos de adopción. Por otro lado, en las pruebas no paramétricas se usa el análisis de varianza no paramétrico basado en rangos (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney). Todas las herramientas

estadísticas indicadas pueden ser ejecutadas en sistemas computacionales como el sistema de análisis estadístico Statistical Analysis System (SAS 9.2), Minitab, SPSS, etc.

La descripción de resultados se desarrollará en base al estudio de adopción del sistema de siembra en surcos doble hilera por parte de los productores de cebada de temporal en el estado de Zacatecas, y en un estudio a productores de durazno del mismo estado.

2.1. Diseño de encuestas

Los cuestionarios se pueden usar para documentar y cuantificar el grado de adopción de una tecnología y para reunir información que ayude a explicar los patrones y la extensión de la adopción. CIMMYT (1993), menciona que el primer paso en el diseño de la encuesta es identificar con claridad el propósito de dicha encuesta con el fin de que el cuestionario sea un instrumento eficiente para reunir la información prioritaria. Por tanto, las preguntas de la encuesta estarán determinadas por los objetivos del estudio.

En la encuesta se requiere una estimación semi-cuantitativa de la magnitud de la respuesta en las diferentes secciones, y que además, permita llevar a cabo el análisis de la información, empleando una escala discontinua ordinal finita, del 1 al 5 como la que se indica a continuación:

Escala	Respuesta
1	total desacuerdo, nula, muy bajo, muy poca
2	desacuerdo, bajo, poco
3	indistinto, regular, medio
4	acuerdo, bueno, alto, mucho,
5	total acuerdo, muy bueno, muy alto

También es posible utilizar una escala discontinua de dos en dos (1, 3, 5, 7, 9), estos valores permiten al encuestado calificar de mejor manera el grado de percepción cuando la encuesta es muy estrecha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos a informantes sobre adopción de una innovación.

Ej. 1.- He usado la nueva variedad de maíz promovida por el INIFAP:

1. Total desacuerdo	3. Desacuerdo	5. Indistinto	7. Acuerdo	9. Total acuerdo
------------------------	---------------	---------------	------------	---------------------

Ej. 2.- La falta de crédito es un factor que restringe la adopción tecnológica en magnitud:

1. Nula restricción	2. Leve restricción	3. Mediana restricción	4. Importante restricción	5. Muy severa restricción
------------------------	------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------

Los enunciados de las diferentes preguntas deben ser realizados como aseveraciones, en lugar de indicarlos como interrogatorio. En todos los casos, las respuestas deben formularse de forma tal que los informantes respondan ágilmente para clasificar la situación en relación al grado de

adopción de una práctica o insumo de una manera suficientemente sencilla, y así reducir el margen de error en las respuestas.

2.1.1. Indicadores cuantitativos utilizados en la encuesta

En la carátula de la encuesta se recolecta información referente al folio, nombre del productor, municipio y comunidad, de igual forma se incluye, fecha, ubicación u otra variable que permita identificar al productor informante.

A continuación, se indica una propuesta resumida de tópicos que pueden ser incluidos en la encuesta sobre adopción de las tecnologías:

a) Tipología del productor. En la primera parte de la encuesta se coleccionan datos que permiten caracterizar al productor en términos de su edad, tiempo de vivir en la región y como productor, escolaridad, tipo de tenencia de la tierra, superficie cultivada o usada en su unidad de producción, la tecnología que usa, nivel de organización e integración empresarial, entre otras.

Cuadro 2. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre tipología del productor

Ej. 1.- Cuántos años cumplidos tiene Usted? Años

Ej. 2.- ¿La tierra que Usted cultiva, qué tipo de tenencia tiene?

- | | | | | |
|-----------|----------------------|------------|---------------|-----------------------|
| 1. Ejidal | 2. Pequeña propiedad | 3. Rentada | 4. Al partido | 5. Otro (Especifique) |
|-----------|----------------------|------------|---------------|-----------------------|
-

b) El proceso de adopción de la innovación. El proceso de adopción de una nueva tecnología en el sistema de producción del productor agropecuario y forestal es un proceso complejo con muchas aristas. Cuando se promueve una nueva tecnología, el usuario potencial decide con respecto a una innovación una serie de alternativas: aceptarla, adaptarla, adoptarla, aplicarla, asimilarla, comunicarla, difundirla, diseminarla, distribuirla, intercambiarla, transferirla, hacerla fluir, recibirla, rechazarla, recuperarla, transmitirla, y utilizarla (Maksabedian, 1980). En la segunda sección de la encuesta, se caracteriza el “proceso de adopción tecnológica”. Con el objeto de facilitar el análisis, se consideran 4 etapas que sigue el proceso y que se definen en términos entendibles en la encuesta para el productor, estas fases incluyen: conocimiento, evaluación o experimentación, adaptación o uso y recomendación o adopción. En este sentido se usan dos grandes vertientes: primero la percepción de los productores sobre el nivel del conocimiento, prueba, adaptación o

recomendación de la tecnología y segundo el tiempo en el que ocurrió cada una de las etapas. Es también 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 uno o más componentes tecnológicos.

Cuadro 3. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre el proceso de adopción de la innovación

Ej. 1.- ¿Conoce Usted el sistema de siembra en surcos en cebada?

1. Total desacuerdo	3. Desacuerdo	5. Indistinto	7. Acuerdo	9. Total acuerdo
------------------------	---------------	---------------	------------	---------------------

Ej. 2.- ¿Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto tiempo conoce el sistema de siembra en surcos en cebada?

1. Un año	2. Dos años	3. Tres años	4. Cuatro años	5. Más de cinco años
-----------	----------------	--------------	----------------	-------------------------

c) Factores que afectan el proceso de adopción. En el proceso de adopción de una innovación es importante considerar factores externos al proceso en sí; algunos ejemplos son contacto con medios de difusión, asistencia técnica, acceso a programas gubernamentales, contacto con universidades o instituciones de investigación, entre otras. Una tercera sección debe incluir estos conceptos y debe ser tan amplia como el caso en particular lo amerite.

Cuadro 4. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre los factores que afectan el proceso de adopción

Ej. 1.- ¿Durante el 2009, tuvo contacto Usted con algún técnico, de alguna institución sobre sus cultivos o ganado?

1. Si 2. No

Ej. 2.- ¿Lee Usted folletos o revistas que traten sobre temas agropecuarios?

1. Si 2. No
-

d) Impactos (económicos, sociales o ambientales) percibidos por el productor con la adopción. En esta parte de la encuesta se incluyen aspectos percibidos por el productor con la adopción de la innovación tecnológica, como la mejora en la calidad del producto, precio, rendimiento, productividad, reducción de costos de producción, mejora en el medio ambiente, generación de empleo rural, etc. También se pueden incluir las posibles ventajas que el productor percibe como resultado de la innovación.

Cuadro 5. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre los impactos percibidos por el productor con la adopción

Ej. 1.- Los resultados económicos que ha tenido con la siembra en surcos de la cebada son mejores a la siembra tradicional al voleo

- | | | | | |
|------------------------|---------------|---------------|------------|---------------------|
| 1. Total
desacuerdo | 3. Desacuerdo | 5. Indistinto | 7. Acuerdo | 9. Total
acuerdo |
|------------------------|---------------|---------------|------------|---------------------|

Ej. 2.- ¿Con el sistema en surcos implementado han cambiando los niveles de salario?

- | | | | | |
|------------------------|---------------|---------------|------------|---------------------|
| 1. Total
desacuerdo | 3. Desacuerdo | 5. Indistinto | 7. Acuerdo | 9. Total
acuerdo |
|------------------------|---------------|---------------|------------|---------------------|
-

e) *Otros factores en la adopción de la innovación.* En este rubro se incluyen aspectos como la resistencia al cambio, el interés por innovar, mercados, destino de la producción, necesidades de innovación, programas de difusión que conoció y áreas disciplinarias que parecen ser más promisorias para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Cuadro 6. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre otros factores en la adopción de la innovación

Ej. 1.- ¿Considera Usted, que en su cultivo de cebada es necesario aplicar nuevas tecnologías para incrementar los rendimientos?

1. Total desacuerdo	3. Desacuerdo	5. Indistinto	7. Acuerdo	9. Total acuerdo
------------------------	---------------	---------------	------------	---------------------

f) *Restricciones para la adopción de la innovación.* Algunas restricciones características de los países en desarrollo para la innovación o adopción tecnológica son: falta de crédito, inadecuada tenencia de la tierra, acceso restringido a la información, aversión al riesgo, tamaño inadecuado de la granja o predio, insuficiente capital humano, falta de equipo especializado, provisión de insumos deficiente e infraestructura de transporte inadecuada (Feder *et al.*, 1985). En esta sección de la encuesta, se solicita a los informantes una lista de posibles restricciones que retrasan o que directamente impiden la adopción de la tecnología disponible. Aquí también se

requiere una estimación semi-cuantitativa de su magnitud, empleando una escala ordinal del 1 al 5 (Cuadro 1, Ejemplo 2).

Cuadro 7. Ejemplos del planteamiento de cuestionamientos sobre las restricciones para la adopción de la innovación

Ej. 1.- ¿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 por parte del sistema producto	4. Falta de apoyos gubernamentales	5. Otra (Menciónela)
---------------------------------	----------------------------------	---	------------------------------------	----------------------

Del análisis de esta información, pueden surgir datos relevantes para la orientación de políticas tecnológicas y agrícolas. Esto es, se parte del supuesto que la no adopción del referencial tecnológico “estado del arte” no refleja irracionalidad por parte del agricultor, sino la existencia de serios impedimentos prácticos. El conocimiento preciso de estas restricciones y magnitudes relativas permiten orientar las estrategias de intervención gubernamentales que ofrecen mejores perspectivas de implementación dentro del espacio institucional.

2.2. Tamaño de la muestra

Una parte fundamental para realizar un estudio estadístico de cualquier tipo es obtener resultados confiables

para su aplicación. Resulta casi imposible e impráctico llevar a cabo algunos estudios sobre toda la población, por lo que la solución es realizar el estudio basándose en un subconjunto o en una muestra de la población.

Según Rendón (1998), el estudiar una población resulta ser un trabajo demasiado grande; por lo que existen razones que limitan este tipo de estudio, éstas incluyen:

- Recursos limitados. Los recursos humanos y económicos para realizar el estudio sobre el total de la población normalmente resulta ser muy grande y casi imposible su realización.
- Escasez. A veces sólo se dispone de una sola muestra. Por ejemplo, para el estudio paleontológico de dinosaurios
- El muestreo poblacional. El estudio sobre la población total puede causar errores por su tamaño y cambios instantáneos en el número total de individuos (i. e. nacimientos y defunciones), o en el caso de los censos donde se utiliza personal no lo suficientemente capacitado por el número de informantes que incluye la encuesta. En cambio; el estudio en una muestra poblacional sustentado en el cálculo del tamaño de ésta y un grado de confiabilidad es más factible de conducirlo.

Una muestra deber ser representativa para usarse en la estimación de las características de la población. Los métodos

para seleccionar una muestra representativa son numerosos y dependen del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población.

Malhotra (2008) menciona que las técnicas de muestreo pueden clasificarse en general como probabilístico y no probabilístico. El muestro no probabilístico no se basa en el azar, sino en el juicio personal del investigador para seleccionar los elementos de la muestra. El investigador puede decidir de manera arbitraria y consistente qué elementos incluirá en la muestra. Las muestras no probabilísticas pueden dar buenas estimaciones de las características de la población; sin embargo, no permiten evaluar objetivamente la precisión de los resultados de la muestra. Como no hay forma de determinar la probabilidad de que cualquier elemento particular quede seleccionado para incluirse en la muestra, no es posible hacer una extrapolación estadística de las estimaciones obtenidas a la población. Las técnicas de muestreo no probabilístico más conocidas son: muestreo por conveniencia, muestreo por juicio, muestro por cuotas y muestreo bola de nieve.

En el muestreo probabilístico las unidades del muestreo se seleccionan al azar. Es posible especificar de antemano cada muestra potencial de un determinado tamaño que puede

extraerse de la población, así como la probabilidad de seleccionar cada muestra. No es necesario que cada muestra potencial tenga la misma probabilidad de ser seleccionada; aunque es posible especificar la probabilidad de seleccionar cualquier muestra en particular de un tamaño dado. Esto requiere no sólo una definición precisa de la población objetivo, sino también una especificación general del marco de muestreo. Como los elementos del muestreo se seleccionan al azar, es posible determinar la precisión de las estimaciones de las características de interés de la muestra. Pueden calcularse los intervalos de confianza, los cuales contienen el verdadero valor de la población con un nivel dado de certeza. Esto permite al investigador hacer inferencias o extrapolaciones acerca de la población objetivo de donde se extrajo la muestra. Las técnicas de muestreo probabilístico se clasifican con base en: muestreo por elemento o por conglomerados, probabilidad igual de la unidad o probabilidades desiguales, selección no estratificada o estratificada, selección aleatoria o sistemática, técnicas de una sola etapa o de etapas múltiples.

La siguiente fórmula se utiliza para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N (Z^2) p q}{I^2 (N-1) + Z^2 p q} \quad (1)$$

donde n es el tamaño de muestra; N es la población; Z es el valor de la normal estandarizada correspondiente al 95% de confianza; I es el error (0.1); p es igual 0.5 y q es igual a 1-p.

Otra forma que se utiliza es el muestreo estratificado, el cual es un proceso de dos pasos en que la población se divide en subpoblaciones o estratos. Los estratos tienen que ser mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos, por lo que cada elemento de la población debe asignar a un único estrato sin omitir algún elemento de la población. Después se seleccionan los elementos de cada estrato mediante un procedimiento aleatorio, por lo regular el muestreo aleatorio simple. Aunque en teoría solo debe emplearse el muestreo aleatorio simple para seleccionar los elementos de cada estrato, en ocasiones se emplean el muestreo sistemático y otros procedimientos de muestreo probabilístico. A diferencia del muestreo por cuotas, en el muestreo estratificado los elementos de la muestra se seleccionan de manera probabilística y no con base en la conveniencia o el juicio. Un objetivo importante del muestreo estratificado consiste en incrementar la precisión sin aumentar el costo.

Las variables utilizadas para dividir la población en estratos se conocen como variables de estratificación. Los criterios para la selección de esas variables incluyen homogeneidad, heterogeneidad, relación y costo. Dentro de un estrato, es necesario que los elementos sean tan homogéneos como sea posible, mientras que los elementos de los diferentes estratos requieren ser tan heterogéneos como sea posible. Las

variables de estratificación deben tener una relación estrecha con las características de interés. Cuanto mejor se cumplan estos criterios, mayor será la eficacia en el control de la variación externa al muestreo. Por último, tiene que resultar sencillo medir y aplicar las variables de estratificación, con la finalidad de reducir el costo del proceso de estratificación. Es posible usar más de una variable para la estratificación, aunque por razones pragmáticas y de costo rara vez se utilizan más de dos, por tanto el número de estratos a utilizar es cuestión de juicio y de la investigación en particular.

Esto es:

$$fh = \frac{n}{N} = KSh \quad (2)$$

En donde fh es la fracción del estrato, n el tamaño de la muestra, N el tamaño de la población, Sh es la desviación estándar de cada elemento del estrato h y K es una proporción constante que dará como resultado una n óptima para cada estrato.

De manera que el total de la sub-población se multiplicará por esta fracción constante a fin de obtener el tamaño de muestra para el estrato:

$$Nh \times fh = nh \quad (3)$$

2.3. Análisis estadísticos

Como se indicó al inicio, el análisis estadístico utiliza técnicas multivariadas tales como componentes principales,

análisis de aglomerados, correlación canónica y técnicas no paramétricas como la prueba de hipótesis de rangos de Kruskal y Walis y Mann y Whitney.

2.3.1. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica multivariada que puede ser usada para identificar tendencias en un grupo de datos y para eliminar redundancia en un análisis univariado cuando se involucra multicolinealidad en la información. Esencialmente el ACP reestructura un conjunto de datos que contiene muchas variables correlacionadas en otros grupos de datos más pequeños de componentes de las variables originales (Iezzoni y Pritts, 1991). Las nuevas variables, no correlacionadas entre sí, que se generan se conocen como componentes principales. Así cada nuevo componente o variable múltiple debe ser:

- a) Combinación lineal de las variables originales.
- b) No correlacionados entre sí (sin información redundante, son perpendiculares ó ortogonales).
- c) De varianza máxima y ordenados (el primer componente tendrá varianza máxima, e irá decreciendo en los demás).

En el ACP existe la opción de usar la matriz de correlaciones o bien, la matriz de covarianzas, estas opciones se definen en el programa de cómputo antes del análisis. En la primera opción se le da la misma importancia a todas y a cada

una de las variables; esto puede ser conveniente cuando el investigador considera que todas las variables son igualmente relevantes. La segunda opción se utiliza cuando todas las variables tengan las mismas unidades de medida y además, cuando el investigador juzga conveniente destacar cada una de las variables en función de su grado de variabilidad.

Los componentes seleccionados deben explicar una cantidad suficiente de la varianza de las variables originales, para que sean significativos. Los ejes ortogonales (habituales) que representan dos variables X y Y , presuponen ausencia de colinealidad, pero en realidad, el movimiento en un eje provoca cambios en el otro eje, por eso deberían dibujarse oblicuos. El ACP cambia de base, define otros ejes, llamados componentes principales y se les impone como condición que sean ortogonales o perpendiculares (no redundantes) de forma tal que al moverse en un eje no provoque cambios en el otro eje.

En un análisis se obtienen tantos componentes principales (CP) como el número de variables en el grupo de datos originales, colocando el primer CP (CP 1) de forma que incluya la máxima dispersión de los puntos (máxima variabilidad). El siguiente componente (CP 2) se coloca perpendicular al primero, y de forma tal que recoja la máxima variabilidad restante. Para conseguir una solución única, se requiere que los datos estén estandarizados, con media cero y

varianza 1. Con la escala propuesta para el análisis de la adopción de innovaciones esta condición no es crítica ya que se tiene una escala igual para todas las variables. Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada *a priori*, sino que será deducida después de observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá que considerar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación (Wold *et al.*, 1987; Iezzoni y Pritts, 1991).

2.3.1.1. Procedimiento e interpretación

a) Matriz de correlación. El primer paso es ejecutar un análisis de correlación entre las variables de respuesta originales. Como ejemplo, se presenta una salida de un caso en el que se incluyeron 6 variables, y se observa que existe una correlación importante y positiva entre las variables 1 y 3, 2 y 4, y 4 y 6, indicando que al incrementar el valor de una de ellas se tiene una respuesta de incremento en la otra variable (Cuadro 8). En este caso, el análisis individual de estas variables se considera redundante, ya que las conclusiones serían similares para las dos variables. Mientras que las variables 5 y 6 presentan una correlación negativa, es decir que al incrementarse una de ellas la otra disminuye

dimensionalmente. Al efectuar el ACP, se espera que las variables con alta correlación sean incluidas en el mismo CP.

Cuadro 8. Matriz de correlación entre variables de respuesta para medir la adopción de una innovación tecnológica.

	Variables de respuesta					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6
V1	1.00	-0.10	0.65	-0.09	0.14	-0.12
V2		1.00	-0.22	0.87	-0.32	0.51
V3			1.00	-0.18	-0.03	0.22
V4				1.00	-0.29	0.60
V5					1.00	-0.57
V6						1.00

Tiempo de conocer el sistema siembra en surcos doble hilera (V1), conocimiento de la sembradora para el sistema en surcos doble hilera (V2), tiempo de conocer la sembradora (V3), conocimiento de la cantidad de semilla recomendada para el sistema (V4), tiempo de conocer la cantidad de semilla recomendada (V5) y conocimiento de la piletadora (V6).

b) Definición de componentes principales relevantes. En este caso se busca definir cuáles son los CPs relevantes en el análisis, es decir a cuántas variables, ortogonales o independientes entre sí, se reducirá la matriz para eliminar la redundancia de las variables correlacionadas. En principio se busca que estas variables expliquen la mayor cantidad posible de la varianza y que sean significativas, generalmente se

incluyen aquellas que tienen un valor raíz (autovalor) superior a 1 (Cuadro 9). En el Cuadro 9 se puede notar que la primera variable múltiple aporta el 44% de la varianza (proporción o porcentaje de la varianza) e incluye casi 3 variables de las originales (vector raíz), es decir este se denomina como CP 1, es significativo y aporta una parte importante de la variación en la matriz de datos. Continuando con el análisis en ese mismo sentido, el CP 2 aporta casi el 28% de la varianza e incluye posiblemente 2 variables de las originales (Cuadro 9). Finalmente, un posible tercer CP (CP 3) pudiera ser relevante e incluye a una variable con una aportación a la varianza del 16%. De esta forma, es posible reducir de 6 variables originales a tres componentes principales independientes que en conjunto explican el 88% de la varianza total. En otras palabras que se pueden usar los tres primeros CPs generados como una variable normal con una pérdida de sólo el 12% de la varianza. Esto último elimina el riesgo de que el análisis de forma univariada sea redundante.

Cuadro 9. Matriz de definición de los componentes principales, su autovalor, su proporción de la varianza aportada y el porcentaje acumulado de la varianza total.

Componentes principales	Valor raíz	Diferencia	Porcentaje de la varianza (%)	Porcentaje acumulado de la varianza (%)
1	2.66	0.99	0.44	0.44
2	1.66	0.70	0.27	0.72
3	0.96	0.50	0.16	0.88
4	0.45	0.29	0.07	0.95
5	0.16	0.06	0.03	0.98
6	0.10		0.02	1.00

c) Definición de las variables relevantes dentro de cada CP. Una vez que se ha definido que los tres primeros CPs son los importantes, ahora se ubica cada una de las variables originales relevantes dentro cada CP. Para esto se requiere analizar los coeficientes conocidos como vectores raíz dentro de la combinación lineal de variables y determinar los de mayor peso (Cuadro 10).

Cuadro 10. Vectores raíz para la combinación de variables que integran los componentes principales (CP) del 1 al 3 y las variables de V1,...,V6.

	Valores propios					
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
V1	-0.18	0.62	0.39	-0.46	0.41	0.23
V2	0.53	-0.006	0.41	-0.17	-0.58	0.44
V3	-0.13	0.71	-0.09	0.31	-0.52	-0.29
V4	0.54	0.02	0.41	0.05	0.25	-0.69
V5	-0.38	-0.15	0.65	0.62	0.05	0.15
V6	0.48	0.28	-0.28	0.52	0.40	0.41

*V1 = tiempo de conocer el sistema siembra en surcos doble hilera. V2 = conocimiento de la sembradora para el sistema en surcos doble hilera. V3 = tiempo de conocer la sembradora. V4 = conocimiento de la cantidad de semilla recomendada para el sistema. V5 = tiempo de conocer la cantidad de semilla recomendada. V6 = conocimiento de la piletadora.

En el cuadro 10, se observa que en la primera columna se anotan las variables originales usadas en el ACP, es decir de la variable 1 (V1) a la variable 6 (V6). Mientras que en el primer renglón aparecen los nombres de los CPs (CP 1), correspondería al CP 1 y así sucesivamente hasta el CP6. Así, la combinación lineal de variables para integrar el componente principal 1 (CP 1) se definir en una ecuación como se anota a continuación:

$$CP1 = -0.18(V1) + 0.53(V2) - 0.13(V3) + 0.54(V4) - 0.37(V5) + 0.48(V6)$$

Al analizar los coeficientes de mayor valor (peso) dentro de la ecuación que representa la relación lineal entre las

variables en el CP 1, es claro que los mayores pesos los poseen las variables 2, 4 y 6, con valores de 0.53, 0.54 y 0.48, respectivamente. En el caso que se describe, las dimensiones y escala de todas las variables es la misma de forma que si son comparables uno con otro, es decir la variable de mayor peso es la V4; en caso de que las dimensiones y escalas sean diferentes será necesario trabajar con datos estandarizados (media = 0 y varianza = 1), para que los coeficientes en la ecuación sean comparables. De esta forma, se puede decir que las variables 2, 4 y 6 son las más relevantes en el CP 1, y si se revisa el análisis de correlación se podrá corroborar que efectivamente estas tres variables presentaron valores altos de correlación entre sí (Cuadro 8). Además en la matriz de definición de los CPs relevantes, se observó un valor raíz de 2.7, lo que significa que en el CP 1 existen tres variables originales importantes dentro de ese CP (Cuadro 9).

Al seguir la misma lógica en el análisis de los otros dos CPs relevantes en el análisis, es posible notar que el CP 2 está integrado por las variables 1 y 3, mientras que el CP 3 la variable 5 tiene una participación importante. La selección de estas variables dentro de cada CP es posible corroborarlo al analizar de manera horizontal los coeficientes para cada variable dentro de los tres componentes importantes. Al respecto, el ejemplo más claro es con la variable 3 (V3) que obtuvo valores en los coeficientes de -0.13, 0.71 y -0.098, para

los CP 1, CP 2 y CP 3, respectivamente. Este análisis indica que la variable 3 tiene mayor peso en el CP 2, de acuerdo a su coeficiente, y por tanto allí es donde deberá quedar incluida. Otra prueba factible de realizarse es efectuar un análisis de correlación entre las variables originales y los CPs relevantes, en este caso los tres primeros CPs. Al realizar este análisis, el lector podrá notar que existe una alta correlación entre las variables relevantes dentro de cada CP y los valores para cada observación. Finalmente, los CP obtenidos pueden nombrarse de acuerdo con la experiencia del investigador y las variables incluidas, por ejemplo como conocimiento de la tecnología o proceso de toma de decisiones.

2.3.1.2. Conclusiones y aplicaciones del ACP

Las aplicaciones del ACP, en forma general, y de manera específica para el caso de la adopción de la innovación tecnológica se indican como sigue:

a) Reducir un conjunto de variables. Es posible transformar y reducir un conjunto de variables altamente correlacionadas a un grupo de variables no correlacionadas independientes entre sí, bajo el criterio de máxima variabilidad acumulada y mínima pérdida de información. Los estudios de adopción tecnológica incluyen un número grande de variables que tienden a estar correlacionadas y la información que se obtiene es redundante. Así, las conclusiones de la información presentada sobre el

ACP y el ejemplo incluido, permitió reducir de 6 variables originales en la serie de datos, con una alta correlación, a tres multi-variables o CP independientes entre sí con una pérdida de tan sólo el 12% de la varianza (Iezzoni y Pritts, 1991; Jolliffe, 2002).

b) Describir de forma sintética el problema. Es posible realizar una descripción del problema a través de los componentes generados, éstos se consideran como variables aleatorias que pueden usarse para otro tipo de análisis, como análisis de varianza y regresión (Broschat, 1979). En el ejemplo usado, en el CP1 se incluyeron tres variables, en el CP2 dos variables y en el CP3 una variable, sugiriendo que por ejemplo, la adopción de la innovación es independiente de los impactos percibidos por los productores. Es posible también concluir que la variable 5, incluida en el CP3, es independiente de las otras cinco variables incluidas. Las nuevas variables ortogonales pueden nombrarse como el conjunto de las variables originales más representativas. De esta forma, se genera la variable de conocimiento de la innovación para describir grupos de productores (Sánchez y Rumayor, 2011).

c) Dividir las unidades experimentales en subgrupos. En este caso es posible definir subgrupos dentro de los grupos obtenidos. Se obtienen por ejemplo subgrupos de productores con ciertas características definidas por los componentes

principales, por ejemplo aquellos con un mayor conocimiento de la innovación y aquellos con menor conocimiento de ésta (Sánchez y Rumayor, 2011).

d) Definir factores relevantes en el proceso. En este sentido es posible definir cuáles son los factores más relevantes para un proceso, como la adopción tecnológica. Sánchez y Rumayor (2011) definieron que en el proceso de adopción del sistema en surcos doble hilera en cebada, los factores críticos para la adopción son el tiempo de conocimiento de la innovación y la experimentación de la nueva tecnología en su predio.

2.3.2. Análisis de conglomerados

El Análisis de aglomerados o Análisis de Conglomerados, (AC) es una técnica de análisis exploratorio de datos para resolver problemas de clasificación. Su objeto consiste en ordenar objetos (personas, cosas, animales, plantas, variables, etc.) en grupos (aglomerados) de forma que el grado de asociación (similitud) entre miembros del mismo aglomerado sea más fuerte que el grado de asociación/similitud entre miembros de diferentes aglomerados (Hair *et al.*, 1998; Rencher, 2002). Cada aglomerado se describe como un conjunto de miembros con características similares.

El AC es un método que permite descubrir asociaciones y estructuras en los datos que no son evidentes *a priori* pero que pueden ser útiles una vez que se han encontrado. Los resultados de un AC pueden contribuir a la definición formal de un esquema de clasificación tal como una taxonomía para un conjunto de objetos, para sugerir modelos estadísticos para describir poblaciones, para asignar nuevos individuos a las clases para diagnóstico e identificación, entre otros.

Se pueden encontrar dos tipos fundamentales de métodos de clasificación: jerárquicos y no jerárquicos (Rencher, 2002). En los primeros, la clasificación resultante tiene un número creciente de clases anidadas mientras que en el segundo las clases no son anidadas. Los métodos pueden dividirse en aglomerativos y divisivos. En los primeros se parte de tantas clases como objetos tengan que clasificarse y en pasos sucesivos se obtiene clases de objetos similares. En los segundos se parte de una clase única formada por todos los objetos que se va dividiendo en clases sucesivamente. En este documento se describe especialmente el método jerárquico aglomerativo.

En forma general, se puede anotar que los pasos que se siguen para una clasificación jerárquica son los siguientes:

- 1.- Decidir qué datos se toman en el AC para cada uno de los casos. Generalmente, se toma un número grande de variables

todas del mismo tipo (continuas, categóricas, etc.), ya que suele ser difícil mezclar tipos distintos. Aunque de hecho se puede trabajar con un mínimo de dos variables.

2.- Elegir una medida de la distancia entre los objetos a clasificar, que serán los aglomerados o clases iniciales.

3.- Buscar qué aglomerados u objetos son más similares.

4.- Unir estos dos aglomerados en un nuevo aglomerado que tenga al menos 2 objetos, de forma que el número de aglomerados u objetos totales decrece en una unidad.

5.- Calcular la distancia entre este nuevo aglomerado y el resto. No es necesario recalcular todas las distancias, solamente se calcula del nuevo aglomerado con los anteriores.

6.- Repetir desde el paso 3 hasta que todos los objetos estén en un único aglomerado.

Para ejemplificar el proceso descrito, se considerará un ejemplo sencillo con solo 5 objetos y valores de dos variables, donde los puntos pueden representarse en un espacio euclídeo bidimensional, similar a una representación de dos planos X y Y . A continuación se presenta un cuadro con la información original de los objetos y sus valores de las dos variables.

Cuadro 11. Valores de dos variables para 5 objetos.

Objeto	Variable 1	Variable 2
1	1	1
2	2	1
3	4	5
4	7	7
5	5	7

Para medir la similitud entre dos objetos, se usan diferentes parámetros, uno de los más usados es la distancia euclidiana. En matemáticas, la distancia euclidiana es la distancia "ordinaria" (que se mediría con una regla) entre dos puntos de un espacio euclídeo, la cual se deduce a partir del teorema de Pitágoras. Por ejemplo, en un espacio bidimensional, la distancia euclidiana entre dos puntos P_1 y P_2 , de coordenadas (x_1, y_1) y (x_2, y_2) respectivamente, es:

$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Así a partir de los valores del Cuadro 11, se calcula las distancias euclidianas entre los diferentes objetos (Cuadro 12).

La menor distancia entre objetos la presentan el objeto 1 y 2, con una distancia de 1.0, la mayor distancia se da entre el objeto 1 y 4, con una distancia de 8.5, y los valores para el mismo objeto es 0.0, ya que se calcula la distancia en sí mismo (Cuadro 12). Como se está buscando la mayor similitud, los

objetos más parecidos entre sí son el 1 y el 2, entonces éstos se integran en un aglomerado o grupo que se denomina grupo A.

Cuadro 12. Matriz de distancias euclidianas entre 5 objetos para los valores de dos variables descriptivas.

	1	2	3	4	5
1	0.0				
2	1.0	0.0			
3	5.0	4.5	0.0		
4	8.5	7.8	3.6	0.0	
5	7.2	6.7	2.2	2.0	0.0

Ahora es necesario calcular las coordenadas para el nuevo aglomerado A, la cual se calcula como el centroide del aglomerado, es decir los valores de la media de las variables 1 y 2 (Cuadro 13). Así las medias serían, para la variable 1 = $(1+2)/2 = 1.5$, y para la variable 2 = $(1+1)/2 = 1$; quedando las coordenadas para el aglomerado A en (1.5, 1) (Cuadro 13).

Cuadro13. Valores de dos variables para 4 aglomerados y 3 objetos.

Aglomerado	Variable 1	Variable 2
A	1.5	1
3	4	5
4	7	7
5	5	7

De nueva cuenta, se vuelve a calcular las distancias euclidianas entre los 4 objetos, ya que en el grupo A se integraron el objeto 1 y 2, quedando estas distancias como se anota en el Cuadro 14. Nótese como solo es necesario calcular las distancias entre el nuevo objeto (aglomerado A) y los objetos 3, 4 y 5, ya que el resto de las distancias quedan iguales. En esta ocasión, la menor distancia ocurre entre los objetos 4 y 5, con un valor de 2.0, y se integran ahora en un nuevo aglomerado, nombrado como aglomerado B. El procedimiento continúa de la misma forma, calculando los centroides de los aglomerados y las distancias euclidianas, hasta que todos los objetos quedan al final integrados en un solo aglomerado.

Cuadro 14. Matriz de distancias euclidianas entre 4 objetos para los valores de dos variables descriptivas.

	A	3	4	5
A	0.0			
3	4.7	0.0		
4	8.1	3.6	0.0	
5	6.9	2.2	2.0	0.0

Un aspecto a considerar, es cuando se emplean un mayor número de variables para efectuar el AC, en lugar de las dos variables que se usaron en la descripción anterior. En este caso, el análisis considera como primer paso, realizar un análisis de componentes principales con el objeto de reducir

las dimensiones y poder usar los componentes más relevantes para llevar a cabo el análisis de aglomerados. En este punto se observa cómo se integran los temas tratados hasta ahora de componentes principales y aglomerado.

2.3.2.1. Procedimiento e interpretación

La interpretación de la salida de programas de cómputo en los análisis de aglomerados, como el SAS, incluye dos aspectos clave: la historia del conglomerado y la definición del número de aglomerados para estudio. A continuación, se describen los dos puntos al respecto, con el ejemplo del estudio de adopción del sistema de siembra en surcos doble hilera por parte de los productores de cebada de temporal en el estado de Zacatecas.

a) Historia del conglomerado. Las salidas del programa SAS para el PROC CLUSTER pueden ser interpretadas con la historia del conglomerado que se imprime con el análisis. En el Cuadro 15 se puede llevar a cabo el seguimiento a la formación de aglomerados de productores de cebada encuestados sobre el proceso de adopción de la tecnología del sistema de siembra en surcos doble hilera, reportado por Sánchez y Rumayor (2010). El primer aglomerado se integró con los objetos (productores) número de folio 16 y 18 y la distancia promedio entre ellos es de 0.2, un segundo aglomerado se integró por los productores con folio 41 y 80,

posteriormente a estos dos aglomerados iniciales se integraron el productor con folio 21 al primer grupo y el productor con folio 69 al segundo aglomerado integrado (Cuadro 15). De esta forma, es posible seguir todo el proceso de agrupamiento jerárquico, se considera de este tipo ya que los aglomerados recién formados se integran a los objetos originales y se entrelazan.

Cuadro 15. Historia del aglomerado, distancia promedio entre objetos, número de objetos (frecuencia) en cada aglomerado. T significa un empate con un valor exacto en la distancia promedio entre dos objetos o aglomerados.

NCL	Conglomerados unidos		Frecuencia	Distancia
134	OB16	OB18	2	0.1982
133	OB41	OB80	2	0.2074
132	CL134	OB21	3	0.254
131	CL133	OB69	3	0.2577
130	OB62	OB77	2	0.2666
129	OB37	OB54	2	0.2735
128	OB15	OB52	2	0.2836
127	OB57	OB85	2	0.2836
126	OB65	OB76	2	0.2869
125	OB74	OB92	2	0.2965
124	OB43	OB56	2	0.3027
123	OB66	OB67	2	0.3027
122	OB35	CL123	3	0.3134
121	OB90	OB91	2	0.3178

b) Definición de aglomerados relevantes. La representación gráfica del agrupamiento o aglomerado se hace a través de un dendograma (Figura 1), donde se anotan todos los objetos, en

y los no adoptantes (aglomerado B) de la innovación tecnológica, además de un grupo atípico (aglomerado C) (Figura 1). O bien, en otra alternativa, se obtienen ocho grupos de productores, nombrados del uno al ocho, cinco dentro de los adoptantes y otros tres grupos en los no adoptantes, que pueden nombrarse con las características más representativas luego de su análisis. La decisión sobre el número óptimo de aglomerados es subjetiva, especialmente cuando se incrementa el número de objetos ya que si se selecciona un número bajo, los aglomerados resultantes son heterogéneos y artificiales, mientras que si se seleccionan demasiados, la interpretación de los mismos suele ser complicada. En este sentido, la experiencia del investigador es clave para definir grupos de objetos relevantes, es decir productores en este caso.

2.3.2.2. Conclusiones y aplicaciones del AC

Las aplicaciones del AC, en forma general y específica para el caso de la adopción de la innovación tecnológica se pueden anotar como sigue:

a) Formar aglomerados de productores. Es posible agrupar a los productores agropecuarios de acuerdo con sus diferentes características, por ejemplo sociales, económicas, productivas, por el uso de una innovación, etc. El AC permitió integrar al total de productores en grupos con características similares.

Los estudios de adopción tecnológica en ocasiones incluyen un número grande de productores los que pueden ser agrupados en aglomerados.

b) Definir los aglomerados relevantes. De acuerdo con las características del estudio llevado a cabo, se definen los grupos de productores relevantes con los que se puede continuar un análisis a más detalle, esto requiere de definir el nivel de similitud al que se desean definir los grupos y la experiencia del investigador. Así, las conclusiones de la información presentada sobre el AC y el ejemplo incluido, permitió identificar a tres grandes grupos de productores en términos de su adopción de la innovación tecnológica: los productores adoptantes, no adoptantes y productores atípicos, en los que no se identifica claramente su adopción o tienen otra percepción sobre la innovación tecnológica. Con los productores adoptantes se continuó un análisis a mayor detalle del proceso de adopción, por ejemplo a través de la correlación canónica (Sánchez y Rumayor, 2011).

c) Ubicación de productores dentro de los aglomerados. En este caso, es posible identificar a un productor específico y poderlo ubicar dentro de un aglomerado; además es factible seguir la historia del conglomerado y analizar con que otros productores se asocia de manera directa o indirecta y definir sus características. Por ejemplo, los productores con folio 16 y

18 son los más cercanos y posteriormente se asocian con el número 21, es decir estos tres productores son muy similares entre sí.

2.3.3. Correlación canónica

El análisis de correlación canónica (ACC) es un método de análisis multivariante desarrollado por Hotelling (1936). Su objetivo es buscar las relaciones que pueda haber entre dos grupos de variables y la validez de las mismas (Rencher, 1992). Se diferencia del análisis de correlación múltiple en que éste sólo predice una variable dependiente (Y) a partir de múltiples independientes (Xs), mientras que la correlación canónica predice múltiples variables dependientes (Ys) a partir de múltiples independientes (Xs). La correlación canónica es una correlación lineal y, por tanto, sólo busca relaciones lineales entre las variables (Rencher, 1988).

El ACC se aplica a situaciones donde es apropiada la técnica de la regresión pero existe la posibilidad de involucrar más de una variable dependiente. Aunque otra aplicación del análisis de correlación canónica es como un método para determinar la asociación entre dos grupos de variables. Es una generalización de la regresión múltiple para el caso de más de una variable dependiente.

Este análisis está íntimamente relacionado con el análisis canónico discriminante y tiene ciertas propiedades análogas al análisis de componentes principales, en el que en lugar de tratar de estudiar las dependencias internas entre las variables de un mismo grupo, la correlación canónica estudia la relación o dependencia entre dos grupos de variables digamos Y_s y X_s (Cole y Phelps, 1979).

En el ACC se examina la relación lineal entre un grupo de variables, X , y un grupo, o más de un grupo, de variables Y . La diferencia es que se involucra más de una variable Y . La técnica consiste en encontrar una combinación lineal de las variables X , conocida ahora como variable V ($V_1=b_1X_1+b_2X_2+\dots+b_pX_p$) y otra combinación lineal de las variables Y , conocida como variable U ($U_1=a_1Y_1+a_2Y_2+\dots+a_qY_q$), de tal manera que la correlación entre U y V sea máxima (Hardoon *et al.*, 2003). Después, es necesario encontrar otras dos combinaciones lineales para cada grupo de variable, V_2 y U_2 , que tenga correlación máxima, pero menor a la primera, y así sucesivamente se encuentran un conjunto de combinaciones lineales para cada grupo de variables que presenten correlación entre las diferentes U_s y V_s (Vicario *et al.*, 1989). Estas combinaciones lineales se denominan variables canónicas, y las correlaciones entre los correspondientes pares de variables canónicas se denominan correlaciones canónicas (Hair *et al.*, 1998).

Después se interpretan las cargas canónicas para determinar la importancia de cada variable en cada función canónica. Las cargas canónicas reflejan la varianza que la variable observada comparte con el valor teórico canónico. Este análisis sería similar al de componentes principales, en donde de acuerdo con el autovalor (valor raíz), se seleccionan aquellas variables con mayor peso dentro de cada variable canónica y de esta forma se les puede asignar un nombre genérico.

Al igual que cualquier otra actividad de investigación que requiere certidumbre estadística, al diseñar el experimento se debe considerar el tamaño de muestra, ya que es necesario un mínimo de observaciones por variable para que el análisis pueda representar las correlaciones adecuadamente. El análisis de correlación canónica es, de las técnicas multivariantes, uno de los menos utilizados. Esto es debido, en parte, a la dificultad que se enfrenta al momento de interpretar los resultados.

2.3.3.1. Procedimiento e interpretación

En esta sección se presentará el procedimiento e interpretación del ACC, con un ejemplo de los datos obtenidos en el estudio de la adopción de la innovación en cebada en Zacatecas (Sánchez y Rumayor, 2011). En el ejemplo numérico, se contemplan 6 variables que definieron los

beneficios económicos percibidos por los productores al adoptar la innovación (V58,...,V63) como variables Ys y cómo está asociada con la adopción tecnológica y de los diferentes componentes que incluyó la nueva tecnología con 10 variables (V35, V36, V38,...,V43, V49 y V50) como variables Xs. Al igual que en el análisis de componentes principales, es conveniente revisar la correlación entre las variables incluidas como grupo de variables dependientes y la correlación entre las variables del grupo de variables independientes. En este caso, no se incluirá esta primera parte ya que es igual a la comentada en el análisis de por componentes principales, pero en este caso es necesario identificar las variables que pudieran estar correlacionadas y que quedarían integradas en las variables canónicas respectivas, U y V (Hardoon *et al.*, 2003).

a) Correlaciones canónicas y significación. En una segunda instancia, es necesario verificar la correlación existente entre las variables canónicas generadas para posteriormente revisar la significancia. En el Cuadro 10 se anotan los valores de correlación canónica calculados para 6 pares de variables canónicas. La correlación canónica se calcula entre las dos variables canónicas U y V generadas a través de las ecuaciones lineales estimadas; así cada par de variables, por ejemplo U1 y V1, se tiene un coeficiente de correlación, en este caso para las primeras variables es de 0.91. Para el segundo par de variables canónicas el coeficiente de correlación

canónica es de 0.89 (Cuadro 16). Los valores del primero y segundo par de variables canónicas son lo suficientemente altos, y entonces ahora se requiere verificar su significación.

Cuadro 16. Valores de correlación canónica y correlación canónica cuadrada de 6 pares de variables canónicas estimadas para el estudio de adopción tecnológica en cebada.

Procedimiento CANCECORR				
Análisis de correlación canónica				
	Correlación canónica	Correlación canónica ajustada	Error estándar aproximado	Correlación canónica cuadrada
1	0.91	0.86	0.03	0.84
2	0.89	.	0.03	0.80
3	0.71	0.52	0.08	0.50
4	0.67	.	0.09	0.45
5	0.45	0.29	0.13	0.20
6	0.34	.	0.15	0.12

Una vez que se han definido, de manera tentativa, a dos posibles correlaciones canónicas relevantes para el estudio, es necesario verificar la significación estadística de cada una. Para esto, se debe considerar la prueba de F que produce el programa SAS (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valores aproximados de F, su probabilidad para prueba de la significancia y proporción individual y acumulada para 6 pares de variables canónicas estimadas para el estudio de adopción tecnológica en cebada.

	Auto valores	Dife rencia	Propor ción	Acumu lada	Ratio de prob.	Valo r F	No Df	Den Df	Pr>F
1	5.19	1.16	0.45	0.45	0.00	3.14	60	115.08	<.000 1
2	4.02	3.02	0.35	0.81	0.04	2.42	45	101.51	0.0001
3	1.00	0.18	0.09	0.89	0.19	1.52	32	86.41	0.0654
4	0.83	0.57	0.07	0.97	0.38	1.30	21	69.46	0.2057
5	0.25	0.12	0.02	0.99	0.70	0.80	12	50	0.6516
6	0.13		0.01	1.00	0.88	0.70	5	26	0.6300

Al revisar la información sobre la significancia, usando un valor de $P < 0.05$, las dos primeras correlaciones canónicas son significativas, con valores de F de 3.14 y 2.42, para los dos primeros pares de variables canónicas, respectivamente (Cuadro 18). Aquí la regla de decisión es que si F calculada es igual o mayor que F tabular a un nivel de confianza del 95% entonces se rechaza la hipótesis (H_0) nula y se concluye que existe correlación multivariada; de lo contrario, no existe correlación multivariada. Esto conduce a que existe una relación significativa entre la percepción de beneficios económicos que tienen los productores y el nivel de adopción de la innovación tecnológica, en al menos para algunas de las variables.

De la misma forma, es necesario usar una prueba de hipótesis multivariada (Cuadro 18) para determinar que se cumple con la significación multivariada. Para esto es necesario verificar el valor aproximado de F de Wilks Lambda, el cual en este caso fue de 3.14 y significativa con $P < 0.05$. Lambda de Wilks es un estadístico utilizado en los análisis multivariados para comprobar si existen diferencias entre las medias de los grupos identificados de los sujetos, en una combinación de variables dependientes. Por ejemplo, la prueba de la hipótesis de la media de dos grupos, a través de ocho variables al mismo tiempo. Por lo tanto, se están considerando ocho variables dependientes y la comparación de la media de esta combinación de dos grupos. La prueba puede ser ajustada a la distribución de probabilidad de F para el cálculo de las probabilidades requeridas en la prueba de hipótesis.

Cuadro 18. Valores aproximados de F y su probabilidad para prueba de la significancia de los diferentes estadísticos multivariados en el estudio de adopción tecnológica en cebada por correlación canónica.

Estadísticos de múltiples variables y aproximaciones F					
S= 6 M=1.5 N=9.5					
Estadísticos	Valor	F-Valor	Num Df	Den Df	Pr>F
Wilks' lambda	0.006	3.14	60	115.08	<.0001
Pillai's trace	2.911	2.45	60	156	<.0001
Hotelling-lawley trace	11.426	3.75	60	58.753	<.0001
Roy's Greatest Root	5.189	13.49	10	26	<.0001

b) Definición de las variables canónicas. Luego de evaluar la significancia de las correlaciones canónicas se requiere definir las variables originales, X y Y, que están involucradas en las correlaciones importantes, en este caso los pares 1 y 2 de variables canónicas.

En el Cuadro 19, se indican los valores de los coeficientes canónicos planos, es decir los coeficientes que deberán multiplicar a los valores originales de las variables Y y X para obtener los valores de U y V para cada uno de los sujetos u objetos en estudio.

Cuadro 19. Valores de los coeficientes canónicos planos para las variables U (ecuación lineal para Y) y V (ecuación lineal para X) para 6 pares de variables canónicas en el estudio de adopción tecnológica en cebada.

Coeficientes Canónicos planos para beneficios económicos						
	Beneficios 1	Beneficios 2	Beneficios 3	Beneficios 4	Beneficios 5	Beneficios 6
V58	0.19	-0.20	0.48	0.39	0.11	-0.60
V59	-0.28	1.29	0.46	0.43	-0.68	0.39
V60	1.12	-0.47	-1.37	0.57	-0.92	0.25
V61	0.04	-0.74	0.38	-0.59	-0.29	0.15
V62	-0.02	-0.24	0.18	0.17	0.23	0.32
V63	-0.15	0.75	1.31	-0.93	1.12	-0.12
Coeficientes canónicos planos para Adopción tecnológica						
	Adopción 1	Adopción 2	Adopción 3	Adopción 4	Adopción 5	Adopción 6
V35	0.44	0.23	0.37	0.45	-0.35	0.02
V36	-0.29	-0.34	0.05	-0.76	-0.24	0.59
V38	0.13	0.49	-2.18	1.09	1.49	-.02
V39	-0.00	-0.01	-0.11	0.25	-0.00	-0.00
V40	0.03	0.35	-0.06	-1.32	0.44	0.08
V41	-0.19	0.12	0.25	1.22	-0.08	-0.83
V42	0.29	-0.18	0.76	-0.14	0.28	0.13
V43	0.04	-0.28	-0.37	0.34	0.22	-0.12
V49	0.79	-0.79	-0.69	0.78	0.05	-1.19
V50	0.09	0.83	0.03	-0.09	0.05	0.98

Es decir al multiplicar los valores originales de cada una de las variables por los coeficientes de las ecuaciones se

obtendrá el valor U o V, respectivo. Al considerar el primer par de variables canónicas significativas, la ecuación de U o beneficios económicos, redondeando los decimales, queda de la siguiente forma:

$$U_1 = 0.195V58 - 0.18V59 + 1.12V60 + 0.04V61 - 0.03V - 0.15V63$$

Mientras que para la ecuación de V o adopción tecnológica, igualmente redondeando los decimales se anota como:

$$V_1 = 0.44V35 - 0.29V36 + 0.13V38 + 0V39 + 0.03V40 - 0.19V41 \\ + 0.04V43 + 0.8V49 + 0.1V50$$

Así, para poder calcular el valor de U, se incluirían todas las variables que tienen que ver con la percepción del productor y para V todas aquellas que definieron la adopción tecnológica. Sin embargo, observando los valores de los coeficientes, es posible notar que algunas variables tienen mayor peso o carga (valor más grande). Por ejemplo en el cálculo de U, la variable de mayor peso es la variable 60, mientras que en el cálculo de V, es la variable 49. De manera específica, se pueden consultar cuáles son estas variables en la encuesta original, encontrando que el productor percibe un alto beneficio económico derivado de la reducción en la densidad de siembra y que éste está correlacionado con el mayor nivel de uso de la sembradora especializada, es decir el

productor, según su opinión, requiere de usar la sembradora una mejora económica.

c) Definición de las variables relevantes para las variables canónicas. El análisis de los coeficientes planos no es definitivo ya que puede darse el caso de que cada variable tenga diferente media y desviación estándar, entonces es necesario obtener los valores de los coeficientes estandarizados, con media cero y desviación uno, de los coeficientes planos. Al observar los coeficientes canónicos estandarizados para el primer par de variables canónicas, que en el programa SAS se definieron como Beneficios 1 y Adopción 1, se corrobora que en la ecuación de los beneficios económicos la variable de mayor relevancia es la número 60, mientras que en la ecuación de adopción aparece otra variable importante, quedando entonces las variables 35 y 49 como las de mayor peso en la ecuación lineal (Cuadro 20). Entonces, en esta última ecuación de adopción, aparece el nivel de recomendación de la innovación del productor hacia otros productores, como un aspecto importante para percibir el beneficio económico.

Cuadro 20. Valores de los coeficientes canónicos estandarizados para las variables Beneficios (ecuación lineal para Y) y Adopción (ecuación lineal para X) para 6 pares de variables canónicas en el estudio de adopción tecnológica en cebada.

Coeficientes Canónicos estandarizados para Beneficios económicos						
	Beneficios 1	Beneficios 2	Beneficios 3	Beneficios 4	Beneficios 5	Beneficios 6
V58	0.22	-0.22	0.55	0.45	0.13	-0.69
V59	-0.20	0.93	0.33	0.31	-0.49	0.27
V60	1.09	-0.46	-1.34	0.56	-0.90	0.25
V61	0.04	-0.79	0.41	-0.64	-0.31	0.17
V62	-0.06	-0.48	0.36	0.34	0.46	0.65
V63	-0.14	0.72	1.25	-0.90	1.07	-0.11

Coeficientes Canónicos estandarizados para Adopción tecnológica						
	Adopción 1	Adopción 2	Adopción 3	Adopción 4	Adopción 5	Adopción 6
V35	0.60	0.32	0.51	0.62	-0.48	0.03
V36	-0.36	-0.42	0.06	-0.94	-0.29	0.73
V38	0.05	0.20	-0.89	0.45	0.61	-0.11
V39	-0.00	-0.01	-0.20	0.43	-0.00	-0.00
V40	0.03	0.37	-0.06	-1.41	0.47	0.09
V41	-0.28	0.17	0.36	1.77	-0.12	-1.21
V42	0.39	-0.24	1.00	-0.18	0.37	0.18
V43	0.05	-0.38	-0.52	0.46	0.29	-0.16
V49	0.51	-0.50	-0.44	0.49	0.03	-0.77
V50	0.10	0.86	0.04	-0.10	0.05	1.03

Aun cuando parece que ya se resolvió que existe una correlación significativa entre los beneficios económicos percibidos por el productor y la adopción tecnológica, y que dentro de estas variables canónicas la reducción de la

densidad de siembra y la recomendación de la innovación y el uso de una sembradora especializada, son relevantes, ahora es necesario calcular los coeficientes de correlación entre las variables canónicas, U y V, con sus respectivas variables originales de Y y X (Cuadro 21). Este análisis de correlación permite corroborar cuáles son las variables relevantes dentro de cada variable canónica. En el caso de la variable beneficios económicos, las variables relevantes son la reducción en la densidad de siembra (V60) y el control de maleza (V63), ésta última con signo negativo. La variable adopción tecnológica tiene como variables relevantes al nivel de recomendación de la innovación por parte del productor y el nivel de uso de la sembradora especializada en surcos doble hilera en lugar de la sembradora tradicional al voleo.

Cuadro 21. Valores de los coeficientes de correlación entre las variables canónicas y las variables originales en el estudio de adopción tecnológica en cebada.

Correlación entre Beneficios económicos y las variables originales						
	Beneficios 1	Beneficios 2	Beneficios 3	Beneficios 4	Beneficios 5	Beneficios 6
V58	0.36	-0.17	0.53	0.48	-0.11	-0.55
V59	0.09	0.40	0.52	0.23	-0.63	0.34
V60	0.96	0.15	0.00	-0.06	-0.00	0.23
V61	0.29	-0.38	0.48	-0.43	-0.64	0.14
V62	0.10	-0.25	0.25	0.48	0.36	0.70
V63	-0.78	0.33	0.20	-0.33	0.32	0.15
Correlación entre Adopción tecnológica y las variables originales						
	Adopción 1	Adopción 2	Adopción 3	Adopción 4	Adopción 5	Adopción 6
V35	0.71	0.14	-0.00	0.13	-0.24	0.01
V36	-0.00	-0.21	0.33	0.34	-0.08	0.29
V38	0.21	0.05	0.44	0.19	0.45	0.29
V39	0.16	-0.31	0.45	0.13	0.14	0.03
V40	0.21	0.43	0.25	-0.19	0.36	-0.55
V41	-0.32	0.32	0.56	0.39	0.18	-0.26
V42	0.23	-0.34	0.59	0.16	0.69	0.24
V43	-0.13	-0.31	0.35	0.37	0.64	0.10
V49	0.72	0.01	0.08	0.06	-0.33	-0.22
V50	0.89	0.51	0.38	0.32	0.027	0.33

2.3.3.2. Conclusiones y aplicaciones del ACC

Las aplicaciones del ACC, en forma general, y de manera específica para el caso de la adopción de la innovación tecnológica incluyen:

a) Definición del nivel de asociación de procesos. En este sentido, el ACC permite saber si existe asociación significativa entre grupos de variables dependientes e independientes y la magnitud de dicha asociación. Cada grupo de variables representa un proceso o fenómeno, por ejemplo adopción tecnológica e impactos sociales de la innovación, los cuales pueden estar relacionados entre sí o bien uno de ellos puede explicar el otro en cierta magnitud. El caso contrario es cuando no existe una correlación significativa y sugiere que no hay motivos para asociarlos. De manera específica se encontró que la percepción de los productores de un beneficio económico está asociada con el nivel de adopción tecnológica. Es decir, a mayor nivel de adopción tecnológica el productor percibe un mayor beneficio económico.

b) Descripción de las ecuaciones lineales. Es posible describir el proceso o fenómeno, por ejemplo, la adopción tecnológica en términos numéricos e integrando una serie de variables involucradas con éste. En el análisis de las ecuaciones lineales, similar al de regresión lineal múltiple sin intercepto, es factible describir los posibles impactos que se

tendrá en el fenómeno al modificar una u otra de las variables involucradas. También, se puede observar cuáles variables tienen efectos directos (positivos) y cuáles adversos (negativos) en el proceso de la adopción tecnológica; aunque una limitante es que se incluye solamente la relación lineal.

c) Definición de las variables relevantes dentro de las variables canónicas. Como se indicó, no todas las variables originales tienen el mismo peso dentro de las variables canónicas que se generan. En esta parte, además de las pruebas estadísticas anotadas, la experiencia del investigador es primordial para definir las variables relevantes y las relaciones internas en la ecuación. Es importante hacer notar que es necesario continuar con el análisis propuesto con todos los pares de variables canónicas significativas. Para el caso que se ha estado utilizando como ejemplo, dentro de la variable canónica indicada como beneficios económicos percibidos por el productor, los aspectos de mayor relevancia son la reducción en la densidad de siembra y la posibilidad del control de maleza, ésta última con signo negativo. La variable canónica adopción tecnológica tiene como variables relevantes al nivel de recomendación de la innovación por parte del productor y el nivel de uso de la sembradora especializada en surcos doble hilera en lugar de la sembradora tradicional al voleo.

d) Explicación de las razones para el éxito del proceso.

Esta parte se considera la más delicada para interpretar, ya que aparte de la interpretación estadística, del conocimiento del proceso y sus razones, es necesario tener experiencia y conocimiento de la tecnología. Luego de definir la significación de las correlaciones y las variables relevantes, se emite una serie de juicios basados en los resultados y supuestos para que éstos tengan lugar. En la adopción del sistema de siembra en surcos doble hilera en cebada se puede decir que: *“los productores perciben que con la innovación tecnológica tienen un beneficio económico al reducir la cantidad de semilla en la siembra, pero no en las prácticas para control mecánico de la maleza; a su vez esta percepción está asociada con un mayor nivel de uso de la sembradora especializada y con la idea de que el productor está convencido para recomendar la innovación a otros productores”*. A partir de estas explicaciones es factible diseñar políticas y programas de apoyo a la innovación y además estructurar los proyectos de transferencia tecnológica.

2.3.4. Análisis canónico discriminante

El análisis discriminante es una técnica multivariada de clasificación de individuos en la que se presupone la existencia de dos o más grupos bien definidos *a priori* por ejemplo, clientes solventes y no solventes; votantes de uno u otro

partido; compradores y no compradores de un producto; tratamientos, etc., (Manly, 1986; Cruz *et al.*, 1994). Esta herramienta puede alcanzar los siguientes objetivos:

1. Describir las diferencias existentes entre grupos basado en los valores que toman ciertas variables sobre los individuos de cada uno de los grupos
2. Clasificar nuevos individuos en alguno de los grupos preexistentes en función de los valores que toman ciertas variables para esos individuos.

Técnicamente se puede indicar que el análisis discriminante trata de encontrar funciones de un número grande de variables cuyos valores separen o discriminen lo más posible a los grupos (G) existentes, digamos G1, G2, G3 y G4. Estas funciones, denominadas funciones o ejes discriminantes, son combinaciones lineales de las variables originales de la forma:

$$Y(\text{CAN}) = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p$$

donde p es el número de variables explicativas y los coeficientes $\{a_0, a_1, \dots, a_p\}$ se eligen de tal forma que se consiga la máxima separación entre los grupos existentes, es decir, tratando de que los valores que toman estas funciones discriminantes **CAN** en los grupos sean éstas lo más diferentes posibles entre sí.

Estadísticamente, este criterio equivale a maximizar la varianza “entre grupos” frente a la varianza “dentro de grupos”. Por tanto, los coeficientes $\{a_0, a_1, \dots, a_p\}$ se elegirán de tal forma que se consiga maximizar el valor del cociente:

$$\theta = \text{Varianza entre grupos} / \text{Varianza dentro de grupos}$$

Si la varianza “entre grupos” es grande, es decir si hay grandes diferencias entre los valores que toma la función **CAN** en los distintos grupos, pero la varianza “dentro de grupos” es pequeña, es decir, los valores de **CAN** para los individuos de un mismo grupo son muy similares, entonces la función discriminante separa bien a los grupos que serán internamente muy homogéneos en los individuos dentro de cada grupo y a la vez muy diferentes entre grupos (Marriott, 1974).

Aunque la intención de este documento no es entrar en desarrollos teóricos sobre la obtención de los coeficientes que definen las funciones discriminantes, sí es necesario plantear algunas cuestiones importantes para el análisis e interpretación de los resultados que se obtengan.

En primer instancia, es necesario indicar que el número de funciones que pueden obtenerse es el mínimo de cualquiera de las dos siguientes opciones: 1) el número de variables explicativas disponibles o 2) el número de grupos menos uno.

Es decir, si como ejemplo se consideran 3 grupos en los que se clasifican las observaciones o individuos y son 20 las variables explicativas, se pueden definir únicamente dos funciones discriminantes, es decir el número de grupos menos uno es menor que el número de variables (Cruz *et al.*, 1994; Daoyu y Lawes, 2000). Las funciones se obtienen de forma sucesiva en función de su capacidad discriminatoria.

Así, la primera función discriminante, será de la forma:

$$CAN_1 = a_{01} + a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \dots + a_{p1}X_p$$

Ésta es la que tiene mayor poder discriminatorio, es decir, la que mejor separa los grupos. La segunda función entonces queda definida por:

$$CAN_2 = a_{02} + a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{p2}X_p$$

y será la siguiente en capacidad discriminatoria, además, la segunda función es ortogonal, es decir no estará correlacionada, con la primer función (**CAN₁**). A los valores de estas funciones, para cada uno de los individuos de la población, se les denomina puntuaciones discriminantes. Es decir, al final del análisis discriminante se obtendrán **n** valores de **CAN₁**, uno por cada individuo u observación, y otra **n** valores de **CAN₂**, uno por cada individuo u observación. Estos

valores serán las puntuaciones discriminantes. En ciertas ocasiones, la capacidad discriminatoria de la primera función, **CAN₁**, es tan grande que la información añadida por la segunda función **CAN₂** apenas es relevante y ésta puede ser ignorada, ya que su contribución a la separación entre los grupos no es significativamente importante.

Segundo, para determinar cuántas funciones discriminantes son significativas existen varios criterios, entre los cuales, los más utilizados son los siguientes:

a) Porcentaje relativo

Este criterio compara entre sí las funciones discriminantes, cuantificando en términos relativos el poder discriminatorio de cada una de ellas con respecto al total. Es decir, calculando el porcentaje del poder discriminante correspondiente a cada una de las funciones generadas sobre el total acumulado por todas ellas. Una función con un porcentaje relativo pequeño, es poco probable que pueda aumentar la separación entre los grupos que ya se obtuvo con las funciones anteriores. Estos porcentajes proporcionan información sobre la importancia relativa de una función, comparada con las restantes.

b) Coeficiente de correlación canónica η

Este coeficiente mide, para cada función discriminante **CAN**, el grado en que difieren las medias de dicha función en los distintos grupos. Un valor alto del coeficiente **eta** indica una fuerte relación entre el grupo de pertenencia y los valores de la función discriminante correspondiente. En este caso, indica que la función adquiere valores muy diferentes para los distintos grupos y, por tanto, cumple satisfactoriamente el objetivo de discriminar entre grupos. Por el contrario, si los grupos no son diferentes entre sí, las correlaciones son bajas, entonces, no se podrá crear discriminación donde no existe. También, puede interpretarse el valor del coeficiente **eta** al cuadrado para una función discriminante concreta, como el porcentaje de la varianza de dicha función explicada por la diferencia entre los grupos.

c) Estadístico Lambda (Λ) de Wilks

El estadístico Λ de Wilks es también una medida de las diferencias entre los grupos debidas a las funciones discriminantes, que se utiliza para medir de forma secuencial el poder discriminatorio de cada una de las funciones que se van construyendo, empezando siempre por la primera, que es la de mayor capacidad discriminatoria. Así, en cada etapa, se plantea la siguiente pregunta: ¿merece la pena incluir un nuevo

eje discriminante? La respuesta será afirmativa si aún existen diferencias significativas entre los grupos; por el contrario, será negativa si la separación conseguida ya es suficiente. En la sección de correlación canónica se hicieron algunos comentarios sobre este índice estadístico.

Examinando estos coeficientes es posible determinar cuántas funciones discriminantes son sustancialmente significativas y qué utilidad tiene cada una de ellas para explicar las diferencias entre los grupos.

2.3.4.1. Procedimiento e interpretación

Para esta técnica se usará un ejemplo donde se clasificó a productores de durazno de acuerdo al nivel de ingreso que éstos reciben como fruticultores. Los productores se clasificaron en cuatro grupos de acuerdo al nivel de ingreso en aquellos que: no tienen información, reciben menos del 20% de su ingreso por el durazno, reciben el 20% y los que tienen un porcentaje mayor al 20%.

En el Cuadro 22 se indica un valor de F para lambda de Wilks de 1.1, que el coeficiente de correlación canónica para las dos primeras funciones es de 0.39 y 0.30, respectivamente, y que los porcentajes con los que participan las dos primeras funciones es del 52% y 30%, por lo que el acumulado de estas dos funciones es del 82%. Con esta información se puede

concluir que las dos primeras funciones canónicas son las funciones importantes para este caso en particular.

Cuadro 22. Salida de un análisis canónico discriminante donde se anotan los valores de Lambda de Wilks, coeficiente de correlación canónica y porcentaje relativo de cada función canónica.

Estadísticos de múltiples variables y aproximaciones F				
S=3 M=7.5 N=90				
Estadísticos	Valor	F-Valor	Num DF	Den DF
Lambda de Wilks	0.72	1.11	57	543.49
Traza de Pillai	0.30	1.10	57	552
Traza Hotelling-Lawley	0.35	1.11	57	456.69
Raíz más grande de Roy	0.18	1.76	19	184

Nota: El estadístico F para la raíz mayor de Roy es un límite superior

	Correlación canónica	Correlación canónica ajustada	Error estándar aproximado	Correlación canónica cuadrada
1	0.39	0.27	0.59	0.15
2	0.31	0.18	0.06	0.09
3	0.24	0.12	0.07	0.06

Auto valores de Inv (E) *H = CanRsq/(1-CanRQ)

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	0.18	0.08	0.52	0.52
2	0.10	0.04	0.30	0.82
3	0.06		0.17	1.00

Si la función discriminante es estadísticamente significativa y su capacidad para clasificar es aceptable, el investigador puede dedicarse a realizar interpretaciones sustantivas a esos resultados. Este proceso involucra el

examen de la función discriminante para determinar la importancia relativa de cada una de las variables independientes en su capacidad para discriminar entre grupos. La interpretación es prácticamente la misma que se describió en la sección de análisis de correlación canónica. En general se puede decir que los dos criterios para determinar la importancia relativa de las variables son:

a) Los coeficientes discriminantes estandarizados. La forma tradicional de interpretar la función discriminante consiste en observar el signo y la magnitud de los pesos discriminantes estandarizados asignados a cada una de las variables en la función. Cuando se ignora el signo, cada peso representa la contribución relativa de su variable a la función. Las variables independientes con mayor peso contribuyen más al poder discriminante de la función. La forma de interpretar esto es análoga a los valores ponderados de los coeficientes beta del análisis de regresión y por consiguiente está sujeto a los mismos riesgos y errores en la interpretación.

b) La carga discriminante o estructura de correlaciones. Éstas miden la correlación lineal simple entre cada variable independiente y la función discriminante. La carga discriminante refleja la varianza que la variable independiente comparte con la función discriminante y puede ser interpretada

como carga factorial al evaluar la contribución relativa de cada variable independiente respecto a la función discriminante.

2.3.4.2. Conclusiones y aplicaciones del análisis canónico discriminante

El análisis de discriminante canónico, dentro de los productores, permitió en primer término diferenciar dos grupos de variables (Cruz *et al.*, 1994). Al primer grupo (Can 1) se le designó como “principales atributos del fruto y empaque del durazno”, para abreviarlo atributos, e incluyó las variables que tuvieron que ver con el color externo, color de la pulpa, época de cosecha, identificación de origen y etiquetado individual. El segundo grupo (Can 2) se le asignó el nombre de “condiciones del fruto”, abreviada como vida de anaquel, e incluyó a las variables de tipo de fruto, vida de anaquel, daño fisiológico (oscurecimiento de pulpa, daño por frío, oxidación, etc., Figura 2).

Con el enfoque multivariado fue posible definir cuatro grupos de productores, de acuerdo a los valores de cada productor individual para cada multivariable o discriminante canónico (Figura 2). Los cuatro grupos se dividen como: 1) plantación de durazno sin objetivo, 2) plantación de durazno de traspatio, 3) plantación de durazno como parte de un sistema de producción y 4) plantación de durazno como negocio.



Figura 2. Grupos de productores de durazno clasificados con el análisis canónico discriminante.

2.3.5. Pruebas de hipótesis no paramétricas

Las pruebas de hipótesis no paramétricas se utilizan a menudo en sustitución de sus contrapartes paramétricas, cuando ciertas suposiciones sobre la población subyacente son cuestionables. Por ejemplo, cuando se comparan dos muestras independientes, la prueba de “Wilcoxon Mann-Whitney” no supone que la diferencia entre las muestras tiene una distribución normal, mientras que su contraparte paramétrica, las pruebas de **t** o **z** para dos muestras si requieren esta definición. Las pruebas no paramétricas pueden ser, y a

menudo son, más poderosas en la detección de diferencias de la población cuando los supuestos de normalidad, no se cumplen. La investigación en la que los ensayos realizados son datos ordinales, es decir, datos que se pueden poner en orden como en las encuestas, se consideran como no paramétricos

a) Prueba de Wilcoxon Mann-Whitney. Esta es una de las pruebas no paramétricas más poderosas para comparar dos poblaciones. Se utiliza para probar la hipótesis nula de que dos poblaciones tienen las mismas funciones de distribución, en contra de la hipótesis alternativa, de que las dos funciones de distribución, sólo se diferencian con respecto a la ubicación (mediana).

La prueba de Wilcoxon Mann-Whitney no requiere la suposición de que las diferencias entre las dos muestras se distribuyen normalmente (Juárez *et al.*, 2001). En muchas aplicaciones, la prueba de Wilcoxon Mann-Whitney se utiliza en lugar de las pruebas para dos muestras paramétricas (T o Z) cuando la hipótesis de normalidad es cuestionada. Esta prueba también puede aplicarse cuando las observaciones en una muestra de los datos son los rangos, es decir, datos ordinales en lugar de mediciones directas.

b) Prueba de Kruskal-Wallis. La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica para comparar tres o más

muestras. Se utiliza para probar la hipótesis nula de que todas las poblaciones tienen las mismas funciones de distribución en contra de la hipótesis alternativa de que al menos dos de las muestras, sólo se diferencian con respecto a la ubicación (mediana).

Es el análogo a la prueba de F utilizada en el análisis de la varianza. Si bien el análisis de la varianza depende de la suposición de que todas las poblaciones que se comparan tienen una distribución normal, la prueba de Kruskal-Wallis no impone ninguna restricción en la comparación (Oron y Hoff, 2006). Esta prueba es una extensión de la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney ya que en lugar de dos muestras es posible usar tres o más muestras en la prueba.

2.3.5.1. Procedimiento e interpretación

Cuando se han definido grupos o subgrupos de individuos, y se requiere hacer una prueba de igualdad entre ellos en una de las variables individuales, el tipo de información recabada en las encuestas, indica que una prueba no paramétrica es necesaria, en lugar de las pruebas de T , Z o F (análisis de varianza) tradicionales para datos paramétricos.

a) Planteamiento de hipótesis. En una primera instancia, es necesario plantear las hipótesis respectivas. De esta forma, las hipótesis nula y alternativa son:

Ho: Los grupos de productores son iguales (en términos de su mediana o rango).

Ha: Al menos uno de los grupos de productores es diferente.

En este sentido, los grupos de productores pueden ser dos o más y la variable es cualquiera de las que se incluyan en una encuesta. En este caso se presenta el análisis de una variable en la que el productor responde en una escala ordinal, como se ejemplificó en la sección de diseño de la encuesta (Cuadro 1).

b) Prueba de la hipótesis. En el Cuadro 23, se presenta una salida del paquete SAS con las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. En primer término se observan los valores de las sumas de rangos, 378 y 325, para los aglomerado 1 y 2, respectivamente. En este caso, se concluye que el aglomerado 1 tiene un valor superior numéricamente para esta variable que el grupo 2. Para la definir la significancia y efectuar la prueba de la hipótesis se toma el valor de Z, de aproximación a la normal para la prueba de Wilcoxon o Mann-Whitney, para cuando son dos muestras las incluidas. El valor para Z es de 4.9 y el valor de la probabilidad para un valor superior en la prueba de dos colas es de $P < 0.0001$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y las sumas de los rangos de las dos muestras son diferentes. En caso de ser tres o más muestras la prueba recomendada es la prueba no paramétrica

de Kruskal-Wallis, en este caso el estadístico se ajusta a una distribución chi cuadrada (χ^2) con el número de muestras menos (-) un grados de libertad. En el Cuadro 23, el valor χ^2 es 24.6 con una probabilidad de $P < 0.0001$; esto último indica que la hipótesis nula se rechaza, y se concluye que las muestras son diferentes entre sí.

Cuadro 23. Valores de la prueba de Wilcoxon y Mann-Whitney, su aproximación a la prueba de distribución normal (Z) y probabilidades para la prueba de hipótesis. Valores de Chi cuadrado ajustados con la prueba de Kruskal-Wallis y su probabilidad para la prueba de hipótesis respectiva.

Procedimiento NPAR1WAY					
Puntuaciones de Wilcoxon (suma de rangos) para la variable edad clasificado por la variable E					
E	N	Suma de puntuación	Esperando de bajo de HO	Std Dev debajo de HO	Puntuación de la media
1	12	378.0	228.0	30.6	31.5
2	25	325.0	475.0	30.6	13.0

Se utilizaron las puntuaciones de la media para igualdad de rango

Test de dos muestras de Wilcoxon

Estadístico **378.0**

Aproximación normal

Z **4.9**

Pr de un lado > Z <.0001

Pr de dos lados > | Z | **<.0001**

Aproximación t

Pr de un lado > Z <.0001

Pr de dos lados > | Z | <.0001

Test de dos muestras de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado **24.6**

DF 1

Pr > Chi-cuadrado **<.0001**

2.3.5.2. Conclusiones y aplicaciones de la prueba de hipótesis no paramétrica

La aplicación de esta herramienta estadística en estudios de adopción de innovaciones es para poder determinar en cuáles variables se tiene una diferencia significativa en los grupos o subgrupos de productores formados. Los análisis de Wilcoxon (Mann-Whitney) y Kruskal-Wallis presentados permiten concluir que los dos subgrupos de adoptantes de la tecnología de sistemas de siembra en cebada tienen diferencias significativas en la variable edad.

4. Literatura citada

- Broschat, T. K. 1979. Principal component analysis in horticultural research. *HortScience* 14:114-117.
- CIMMYT. 1993. La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. Programa de economía. México, D.F. CIMMYT. 92 p.
- Cole, R. and K. Phelps. 1979. Use of canonical variate analysis in the differentiation of swede cultivars by gas-liquid chromatography of volatile hydrolysis products. *J. Sci. Food Agric.* 30:669-676.
- Cruz, J., S. Ganeshanandam, R. Mackay, S. Lawes, O. Lawoko and J. Woolley. 1994. Applications of canonical

- discriminant analysis in horticultural research. HortScience 29:1115-1119.
- Daoyu, Z. and S. Lawes. 2000. Manova and discriminant analyses of phenotypic data as a guide for parent selection in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) breeding. Euphytica 114:151-157.
- Etchegaray, M. 1998. Innovación productiva en el mundo rural: el impacto en pequeños productores. En: Seminario Transformaciones en el mundo rural: desafíos para superar la pobreza. Fundación Nacional para la Superación de la Pobreza e Instituto de Educación Rural. Santiago, Chile. 15p.
- Feder, G., R. Just, D. Zilberman. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. Economic, development and cultural change, 33(2): 255-298.
- FAO. 1988. Extensión rural: partiendo de lo posible para llegar a lo deseable. 2º edición. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Serie Desarrollo Rural N° 2. 50p.
- Hair, J., F. Anderson, R. Tatham, and C. Black. 1998. Multivariate data analysis. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA. 730 p.
- Hardoon, D., S. Szedmak and J. Shawe. 2003. Canonical correlation analysis; An overview with application to learning methods. Department of Computer Science Royal

- Holloway, University of London Technical Report CSD-TR-03-02. 39p.
- Hotelling, H. 1936. Relations between two sets of variables. *Biometrika* 28:32 1-377.
- Iezzoni, A. and M. Pritts. 1991. Applications of principal component to analysis in horticultural research. *HortScience* 26:334-338.
- Jolliffe, I.T. 2002. Principal components. Springer-Verlang New York Inc., New York, USA. 487 p.
- Juárez, B., D. Sotres, y A. Matuszewski. 2001. Distribución exacta de la estadística de prueba tipomann-whitney-wilcoxon bajo violaciones a los supuestos estándar, para distribuciones uniformes continuas. *Agrociencia* 35:223-235.
- Knox, A., R. Meinzen y P. Hazell. 1998. "Property Rights, Collective Action and Technologies for Natural Resources Management". CAPRI Working Paper, núm. 1. IFPRI, Washington, DC.
- Marriott, F. 1974. The Interpretation of multiple observations. Academic Press Inc., London. UK. 117 p.
- Manly, B. 1986. Multivariate statistical, methods: A primer. Chapman and Hall Ltd., London, UK. 159 p.
- Malhotra, N. 2008. Investigación de mercados. 5^o edición. Ed. Pearson / Prentice Hall. México. 920 p.

- Maksabedian, J. 1980. El proceso social en la innovación y la transferencia tecnológica. *Revista Latinoamericana de Psicología*. 12(1):109-117.
- Monardes, A., P. Cox, D. Narea, E. Laval y C. Revoredo. 1993. Evaluación de adopción de tecnología. Centro de Estudios para América Latina sobre Desarrollo Rural, Pobreza y Alimentación (CEDRA). Santiago, Chile. 151 p.
- Oron, A. P. and P. D. Hoff. 2006. Kruskal-Wallis and Friedman type tests for nested effects in hierarchical designs. Department of Statistics, University of Washington. Center for Statistics and the Social Sciences University of Washington Paper No. 68. 13 p.
- Rencher, A.C. 1988. Miscellanea on the use of correlations to interpret canonical functions. *Biometrika* 75:363-365.
- Rencher, A. C. 1992. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. *Amer. Statis* 46:217-225.
- Rencher, A. C. 2002. *Methods multivariate analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 708 p.
- Rendón, G. 1998. Muestreo. (Aplicación en la estimación simultanea de varios parámetros). C.P. Instituto de socioeconomía estadística e informática. México. 209p
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press. New York. 552p.

- Sánchez, B. y Rumayor, A. 2010. Siembra en surcos doble hilera, una innovación tecnológica en el sistema de producción de cebada de temporal en zacatecas. En H. Salinas; (Eds), Estrategias de Investigación para la innovación tecnológica: principales logros en el Norte-Centro de México (pp 81-91). Coahuila: Inifap.
- Sánchez, B., A. Rumayor, J. Espinoza. 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. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Folleto Técnico No. 31, 62 p.
- Seré, C., D. Estrada y J. Ferguson. 1990. Estudios de adopción e impacto en pasturas tropicales. En: Investigación con pasturas en fincas. CIAT. Documento de Trabajo No 124, Palmira, Colombia. 38p.
- Vicario, A., L. I. Mazón, A. Aguirre, A. Estomba and C. Lostao. 1989. Relationship between environmental factors and morph Polymorphism in *Cepaea Nemoralis*, using canonical correlation analysis. Genome 32:908-912.
- Wold, S., K. Esbensen and Paul Geladi. 1987. Principal component analysis. Chemometrics & Intelligent Lab. Syst. 2(1-3):37-52.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Dr. José de Jesús Espinoza Arellano

DISEÑO DE PORTADA

L.C. y T.C. Diana Sánchez Montaña

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias

Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Comisión Editorial y Vocal: Dr. Alfonso Serna Pérez

Vocal: Dr. Guillermo Medina García

Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de mayo 2012 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
Ing. Ma. Guadalupe Zacatenco González..... Frutales Caducifolios
Ing. Manuel Reveles Hernández Hortalizas
Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera..... Ovinos-Caprinos
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



Vivir Mejor

www.gobiernofederal.gob.mx
www.sagarpa.gob.mx
www.inifap.gob.mx

¿Cuánta superficie tiene sembrada?
1) De 1 a 10 Hectáreas
2) De 11 a 20 Hectáreas
3) De 21 a 30 Hectáreas
4) De 31 a 40 Hectáreas
5) De 41 a 50 Hectáreas
6) Mas de 50 Hectáreas

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias