



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN COMUNICACIÓN TIC'S,
CAMBIO TECNOLÓGICO Y REDES SOCIALES EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PRESENTA:**

Juan de Dios García Villegas

COMITÉ DE TUTORES:

**Dr. Carlos Galdino Martínez García
Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán
Dr. Anastacio García Martínez**

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca Estado de México Julio 2020.

Nuestro planeta requiere la adopción de procesos productivos que minimicen los impactos ambientales y aseguren tanto la conservación de los recursos como el derecho de las próximas generaciones a vivir en un ambiente sustentable (Nestlé, 2011).

Índice

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. PANORAMA DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE.....	14
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO	14
2.2.1. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA.....	16
2.2.2. CAPITAL COMO ELEMENTO EN LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE	17
2.2.3. PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE CARACTERIZACIÓN.....	17
2.2.4. VARIABLES PARA CONSIDERAR.....	19
2.3. CAMBIO TECNOLÓGICO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE.....	20
2.3.1. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE	22
2.3.2. MODELOS APLICABLES A LA SEGUNDA FASE.....	25
3. HIPÓTESIS	26
4. OBJETIVO GENERAL.....	27
4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PRIMERA ETAPA.....	27
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA SEGUNDA ETAPA	27
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1. METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN	28
5.1.2. DISEÑO DE CUESTIONARIO	28
5.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTORES Y COLECTA DE DATOS.....	30
5.1.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	30
5.1.5. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE CADA GRUPO DE TECNOLOGÍAS	31
5.1.5. USO, IMPORTANCIA Y COMUNICACIÓN DE INFORMACIÓN CON TIC'S.....	31
5.2. METODOLOGÍA EN EL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA.....	32
6. RESULTADOS	35
7. EVIDENCIA DE ENVÍO Y ACEPTACIÓN DE PUBLICACIONES.....	36
7.1. Artículo 1:.....	36
7.2. Artículo 2:.....	69
SUMMARY	70

RESUMEN	70
INTRODUCCIÓN.....	71
MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
RESULTADOS	73
DISCUSIÓN	76
7 CONCLUSIONES	78
8. DISCUSIÓN.....	81
8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE.....	81
8.2. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE CADA GRUPO DE TECNOLOGÍAS	82
8.3. USO DE LAS TIC'S POR PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE	83
8.4. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USOS DE TIC'S.....	84
8.5. COMUNICACIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LAS TIC'S.....	86
8.6. TEMAS DE COMUNICACIÓN Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN A PARTIR DEL USO DE LAS TIC	87
8.7. VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LAS TIC'S.....	88
9. CONCLUSIONES.....	90
10. REFERENCIAS	92
Anexos	102

RESUMEN

El objetivo de la primera fase del trabajo fue caracterizar sistemas de producción de leche en pequeña escala, para identificar preferencias tecnológicas, así como analizar la importancia y el papel de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la difusión de información. La información se colectó a través de un cuestionario que fue aplicado a 170 productores de leche en pequeña escala. Los datos se analizaron a partir de estadística multivariada y no paramétrica. Para caracterizar a los productores se utilizó un Análisis de Factores (AF) y análisis de Clúster (AC). Para comparar las características e identificar diferencias entre grupos, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis. Se identificaron cuatro factores que explican el 70.93% de la varianza acumulada, los cuales están relacionados con el uso de tecnologías, producción, vinculación social y experiencia del productor con uso de TIC. El análisis de clúster identificó cuatro grupos de productores. Grupo 1 integrado por productores de mayor experiencia y tamaño de la granja más grande. El Grupo 2 cuenta con mayor escolaridad y mayor uso de TIC. El Grupo 3 conformado por productores jóvenes, pero bajo nivel tecnológico y el Grupo 4, concentro a los productores más viejos, con baja uso de tecnologías. Los productores más jóvenes y con mayor escolaridad, han empezado a incorporar TIC a sus actividades cotidianas de la granja, como fue observado en el Grupo 2; sin embargo, las tecnologías que dependen del uso de internet no fueron usadas por los productores de los cuatro, además fueron consideradas como nada o poco importantes. El teléfono móvil sobre fue la TIC de mayor uso y fue considerada como importante por los productores de los cuatro grupos, ya que permite la interacción con otros productores y la difusión de temas de interés relacionados con su granja. Se concluye que la caracterización permitió identificar grupos de productores con diferentes preferencias tecnológicas; así mismo se observó que el uso de TIC's para la comunicación de información es un tema emergente en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Para la segunda fase del trabajo, los objetivos fueron: i) identificar la importancia del uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para los productores de leche en pequeña escala, ii) identificar la información que reciben y comunican los productores a través de las TIC, e iii) identificar variables que influyen en la decisión de los productores para usar TIC, en su unidad de producción. Se aplicó un cuestionario a 170 productores de leche para coleccionar información relacionada con las características del productor, unidad familiar, unidad de producción, importancia de las TIC, información que comunican y reciben los productores a través del uso de las TIC. El análisis de la información se realizó a través de estadística descriptiva y regresión logística binaria. El teléfono móvil fue considerado por los productores como bastante importante, ya que les permitió la comunicación y difusión de información relacionada con su unidad de producción a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp. Los temas que principalmente se comunicaron fueron: servicios veterinarios, comunicación entre productores (reuniones, servicio de agua para riego de praderas y problemas de su unidad de producción), compra y venta de productos y servicios de gobierno. Las variables que describen las características del productor, unidad familiar y la percepción del productor sobre importancia de las TIC, mostraron una asociación significativa ($P < 0.05$) con su uso. La investigación contribuyó al entendimiento de la importancia del uso de las TIC en un contexto de producción de leche en pequeña escala, destacando algunas propuestas de comunicación y difusión de información que podrían ser probadas en el campo. Se concluye que las TIC fueron consideradas importantes para la comunicación y difusión de información de forma rápida entre productores. Las variables que describen al productor y unidad familiar estuvieron asociadas con el uso de las TIC.

Palabras clave: Pequeños productores de leche; Tecnologías de información y comunicación; Análisis factorial; Clúster análisis; Regresión logística.

ABSTRACT

The objective of the first phase of the research was to identify the technological preferences of small-scale dairy production systems according to their key characteristics and to analyze the importance and role of ICT in the dissemination of information. Information was collected through a survey applied to 170 small-scale dairy farmers. The resulting data were analyzed using multivariate and non-parametric statistics. To characterize the production systems, a factor analysis (FA) and cluster analysis (CA) were performed. To compare the farm characteristics and identify differences between groups, a Kruskal-Wallis test was performed. Four factors that explain 70.93% of the accumulated variance were identified; these were related with the use of technology, production characteristics, social connections, and experience of farmers in the use of ICT. The cluster analysis identified four groups of farmers. Group 1 was integrated by farmers with more experience and the largest farms. Group 2 had a higher education level and use of ICT. Group 3 was formed by young farmers but had a low use of technology. Group 4 contained older farmers with a low use of technology. The young farmers and those with a higher educational level have begun to incorporate ICT into their daily activities on the farm, as observed for Group 2. Mobile phones were the most used ICT and were considered important by the farmers of the four groups because they enable interaction with other farmers and the dissemination of topics of interest related with their farm. Technologies dependent on the internet were not used by any of the groups and were considered to be unimportant or little important. In conclusion, the characterization of the production systems enabled groups of farmers with different technological preferences to be identified, and it is important to continue to study and understand the use of ICT, an emerging theme in small-scale dairy production systems, for the transmission of information relevant for livestock management.

The objectives of the second phase of the research were: i) to identify the importance of using Information and Communication Technologies (ICT) by small-scale dairy farmers, ii) to identify the information that farmers receive and communicate through

the ICT and iii) to identify variables influencing farmers' decisions to use ICT on their farm. A questionnaire was conducted with 170 farmers, to collect information about farmers' characteristics, household, farm characteristics, the importance of the ICT, information that farmers receive and communicate through the ICT. Descriptive statistics and binary logistic regression analysis were conducted to analyse the information. Farmers considered the mobile phone as fairly important, since it allowed farmers to communicate and disseminate information related to their farm through calls, messages (SMS) and WhatsApp messages. The main themes that were communicated were: veterinary services, communication between farmers (meetings, water supply to irrigate grasslands and problems on the farm), buying and selling products and government services. The variables that describe farmers' characteristics, household and farmers' perception of the importance of the ICT, showed a significant association ($P < 0.05$) with their use. The understanding of the importance of the ICT use, on the small-scale dairy farms context was the main contribution of the research; in addition, some suggestions of communication and dissemination of information have been made to test in the field. **Conclusions.** The ICT were considered to be important for the fast way to communicate and disseminate information between farmers. The variables that describe farmers' characteristics and household were associated with the use of the ICT.

Key words: Small-scale dairy farmers, Information and communication technologies Factor analysis; Cluster Analysis; Logistic regression.

1. INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

De acuerdo con Kuivanen et al. (2016), un sistema agropecuario es el conjunto de recursos organizados, gestionados y adoptados por un hogar agrícola, las cuales incluyen la elección de cultivos, ganadería, empresas agrícolas y no agrícolas; sin embargo, los sistemas agropecuarios a nivel mundial enfrentan múltiples problemas, que involucran cambios económicos, sociales, institucionales y tecnológicos (FAO, 2013).

Se estima que para el año 2050, la población humana a nivel mundial, tendrá un incremento del 70%, lo que implica un aumento en la producción de alimentos (FAO, 2013). Más de 750 millones de personas en el mundo se dedican a la producción de leche en pequeña escala, ya que permiten la generación de empleos, reducción de la pobreza y el hambre en países en desarrollo (FAO, 2019). Los sistemas de producción de leche en pequeña escala, se caracterizan por equilibrar su capacidad de adaptación para explorar y crear nuevas alternativas ante circunstancias emergentes (Turner et al., 2017).

En México, durante los años noventa, la producción de leche de bovino creció a una tasa media anual del 1.3%, ocupando el lugar dieciséis en la producción mundial de lácteos. Para el año 2014, la producción fue de 11,108.4 millones de litros (SIAP-SAGARPA, 2014); sin embargo, la producción sólo contribuye a satisfacer el 80% del consumo nacional, razón por la que México ocupa el primer lugar mundial en importaciones de leche en polvo (Loera y Banda, 2017). A nivel nacional, el 35% de la producción de leche es obtenida de los sistemas de producción de leche a pequeña escala (Plata-Reyes et al., 2018). Estos sistemas son considerados como una fuente de empleo de tiempo completo y la producción de leche es la principal fuente de ingresos de las unidades familiares (Martínez-García et al., 2012). Así mismo, son considerados como una opción de desarrollo rural (Espinoza-Ortega et al., 2007); sin embargo, una de las problemáticas que presentan, es la baja adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Martínez-García et al., 2015), la cual

puede ser atribuida a las características del productor, unidad de producción, falta de apoyos gubernamentales, falta de recursos económicos y falta de conocimiento para su uso (Martínez-García et al., 2016), falta de servicios de extensión, falta de comunicación y difusión de información hacia los productores y a la heterogeneidad entre las unidades de producción (Martínez-García et al., 2012; Rathod et al., 2016).

Algunos trabajos (Martínez-García et al., 2012; Alvarez et al., 2014; Martínez-García et al 2015; Makate y Mango, 2017; Makate et al., 2018), se han enfocado en la caracterización de sistemas de producción a partir del uso de estadística multivariada, con el propósito de reducir la heterogeneidad, comprender la diversidad y promover la mejora de las granjas con características similares. La caracterización de los sistemas de producción es considerada como una herramienta útil, que permite el diseño de estrategias de extensión, comunicación y difusión de tecnologías agropecuarias, tomando en consideración las características y necesidades de cada uno de los grupos identificados (Martínez-García et al., 2012).

Estos estudios (Martínez-García et al., 2012; Álvarez et al., 2014; Martínez-García et al 2015; Makate y Mango, 2017; Makate et al., 2018) han considerado variables que describen las características del productor, de la unidad familiar, de la granja, participación en programas gubernamentales y nivel tecnológico; sin embargo, no han considerado el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), las cuales son aparatos e infraestructura que facilita la transferencia de información a través de medios digitales (Zuppo, 2012), como las páginas de internet, audios, videos, mensajes de texto y teléfonos móviles los cuales cuentan con el potencial, para que los productores puedan tener acceso a información, que les permita mejorar la producción agrícola y pecuaria (Rathod et al., 2016). Dentro de las TIC con mayor aceptación, se encuentran los teléfonos móviles, ya que han sido adoptados en la mayor parte del mundo, por la facilidad y rapidez de comunicación entre productores y sus comunidades (Shaffril et al., 2009).

Actualmente, el teléfono móvil juega un papel importante en el manejo de granjas lecheras en países desarrollados como Alemania (Debauche et al., 2018; Bonke et al., 2018; Michels et al., 2019;) Estados Unidos (Borchers y Bewley, 2015) y Australia, (Bramley y Ouzman, 2019); sin embargo, en países en vías de desarrollo como la India y Uganda (Lee y Abbott, 2011), principalmente en zonas rurales, su implementación es apenas emergente (Rathod et al., 2016). Se ha observado que los productores de leche en pequeña escala, han empezado hacer uso de las TIC para actividades relacionadas con su granja; por lo cual surge la siguiente pregunta ¿Cuál es el papel y la importancia de las TIC's en sistemas de producción de leche en pequeña escala? Algunos estudios (Juárez-Morales et al., 2017; Martínez-García et al., 2018; Schaak y Mubhoff, 2018) indican que la percepción del productor sobre la importancia de una tecnología juega un papel importante para su uso y adopción.

Por otro lado, la estadística multivariada y principalmente el análisis de regresión logística, ha sido utilizado en diversos estudios para identificar variables que describen al productor y a la unidad de producción en la adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Bernués y Herrero, 2008; Lima et al., 2018; Martínez-García et al., 2016), adopción de prácticas de conservación de suelo y agua (Asfaw y Neka, 2018), adopción de semillas mejoradas, fertilizantes y tecnologías de manejo de recursos naturales (Wainaina et al., 2016), así como en la adopción de prácticas de intensificación sostenible (Kassie et al., 2015). Sin embargo, es necesario realizar estudios que permitan entender los factores que intervienen en el uso de las TIC's por productores de leche en pequeña escala. Por lo cual, el objetivo de la primera fase del trabajo caracterizar sistemas de producción de leche en pequeña escala, para identificar preferencias tecnológicas, así como analizar la importancia y el papel de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la difusión de información; mientras que en la segunda fase del trabajo los objetivos fueron i) identificar la importancia del uso de las TIC por los productores de leche en pequeña escala, ii) identificar la información que reciben y comunican los productores con el uso de las TIC, e iii) identificar variables que influyen en la decisión de los productores para usar TIC, en su unidad de producción.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PANORAMA DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE

A nivel mundial México ocupa el 9° lugar en producción de leche lo que significa que, de cada 10 litros producidos, 3 son mexicanos aun así se sigue importando cerca de 60 % de la demanda nacional de leche (leche en polvo). En 2016 se importaron 292 mil 803 toneladas de leche lo que significa que el país es el segundo lugar en el mundo en importaciones de leche, eso no es todo, ya que nueve de cada diez litros de leche provienen de Estados Unidos (SIAP, 2017).

La producción actual en México al primer trimestre de 2017, de leche de bovino alcanzó 2 mil 758 millones de litros, es decir, 2.0% más que en el mismo periodo de 2016, destacan en este aumento lo estados de Querétaro 9.2 %, Durango 8.3 % Aguascalientes 4.9 % y Jalisco 4.4%. Por el contrario, estados con un aporte significativo pero que este año ha disminuido son Coahuila 2.6%, Guanajuato 0.7%, e Hidalgo 0.6% (SIAP, 2017).

Al concluir febrero de 2017, la elaboración de derivados y fermentos lácteos como: quesos, crema y yogurt, alcanzó un volumen de 183 mil 211 toneladas, con un valor de 7 mil 791 millones de pesos (MDP). Por su parte, la industria de quesos produjo 63 mil 500 toneladas con un valor en el mercado de 3 mil 071 MDP, (los quesos más producidos son: Fresco (17.0%), Doble crema (14.0%) y Panela (13.0%) (SIAP, 2017).

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

Mucho se ha hablado de metodologías para caracterizar o tipificar sistemas de producción de leche a pequeña escala, que en otras palabras son una parte de lo que engloba el concepto de unidades de producción pecuaria (UPP). Una caracterización se hace para cumplir objetivos específicos, busca encontrar una

heterogeneidad en los sistemas analizados, y lo puede hacer a tomando en cuenta diferentes puntos de partida.

Por ejemplo, Espinoza-Ortega et al. (2005) realizaron una tipificación de sistemas de producción de leche tomando como criterios aquellas que tenían de 3 a 20 vacas mas sus reemplazos, encontrando tres subgrupos que son los de subsistencia, especializados y mixtos en ese mismo documento describió sus diferencias por grupo. Años más tarde se realizaron estudios similares, pero ahora enfocándose en otros criterios, de tal forma que Hernández-Morales et al. (2013) lograron caracterizar a estos grupos tomando como variable principal el desarrollo tecnológico de la unidad de producción tan solo en el sur del estado de México.

A nivel mundial los estudios realizados en sistemas agropecuarios de alguna manera involucran una fase de caracterización o tipificación de estos sistemas, así podemos mencionar la metodología propuesta por Alvarez et al. (2014) que establece a detalle la manera de describir el objetivo de realizar caracterización.

Años más tarde autores como Murray et al. (2016); Makate et al. (2018); Titonelle et al. (2014) también realizaron estudios en donde involucraban una tipificación de sistemas de producción agropecuarios, Con el tiempo, estas diferencias en los conductores y en las características de la finca llevan a la variabilidad temporal y espacial entre y dentro de los sistemas agrícolas.

La variabilidad actual de los sistemas agrícolas es un desafío para comprender plenamente, lo que lleva a la representación parcial de la realidad. Se han desarrollado varias herramientas y métodos (por ejemplo, clasificaciones de riqueza, tipologías de granjas, distribuciones) para comprender y tratar la diversidad de los sistemas agrícolas. Cuando se utilizan estas herramientas y métodos, se hace un intercambio entre la calidad de representación de la realidad y el nivel de detalle requerido. La elección de los criterios de diferenciación depende del objetivo de la tipología y del tipo de datos disponibles (Kuivanen et al., 2018).

Estamos frente a un escenario en donde el dinamismo en estructura social y económica, los cambios en dinámica poblacional, la adopción de tecnologías, o en su defecto, el rezago socio económico, y las telecomunicaciones, entre otros factores impactan en la estructura familiar, por lo tanto es conveniente realizar una caracterización de estos sistemas, se vuelve imperante agrupar a productores con características similares con el fin de identificar deficiencias, oportunidades y limitaciones para favorecer el desarrollo de estos sistemas de producción.

Este documento entonces explora si existen factores limitantes en la utilización de tecnologías agropecuarias o tecnologías de información y comunicación entre grupos de productores.

2.2.1. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA

Estos sistemas aportan el 27% de la producción del Estado de México y el 35% a nivel nacional (Plata-Reyes et al., 2018), así como en los modos de vida de las familias rurales, ya que ofrecen ingresos diarios y permiten la generación de empleos de tiempo completo. Esto permite que los integrantes de las familias permanezcan en las comunidades en lugar de migrar a las ciudades en busca de empleos, sin mencionar que contribuyen al paisaje natural (Arriaga-Jordán, 2002).

Los sistemas de producción existen a través de una amplia variedad de escenarios naturales y culturales interviniendo diferentes factores ambientales a los que responden los habitantes de las zonas intervenidas lo que favorece que desarrollen diferentes habilidades y ambiciones por parte de los productores, considerando que las granjas se encuentran en diferentes etapas de desarrollo.

Los productores desarrollan estrategias individuales y familiares de manera que sus modos de vida sean menos vulnerables y sirvan para disminuir sus niveles de pobreza, y por lo tanto incrementen su bienestar y su calidad de vida (Sánchez-Vera

y Castañeda-Martínez, 2014).

2.2.2. CAPITAL COMO ELEMENTO EN LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

El capital, juega un papel importante en la caracterización de los sistemas de producción de leche, de este modo los activos de una familia conforman, en resumen, el flujo de efectivo con que cuentan y que manejan de manera dinámica acorde a su contexto.

Scoones, (1999) distingue cinco tipos de capital que los hogares pueden tener en el marco, sus modos de vida sostenibles: capital natural, capital humano, capital físico, capital financiero y capital social. El capital natural incluye los recursos terrestres, hídricos y biológicos que utilizan las personas para generar medios de subsistencia. El capital físico se refiere a la infraestructura, como carreteras, electricidad y agua, canales de riego y máquinas.

El capital humano es la mano de obra disponible para la familia: la educación, las habilidades y la salud. El capital financiero se refiere a cualquier cantidad de dinero a que la familia tiene acceso, que en general puede ser de ahorros o por acceso al crédito en forma de préstamos.

El capital social se refiere a cómo se insertan y relacionan en su comunidad y a la ampliación de las relaciones sociales que contribuyen a mantener y mejorar los modos de vida de los individuos y los hogares. Los animales pueden ser considerados como artículos o comida, del capital natural, pero también son parte del capital físico que, cuando es introducido en un sistema, necesitará capital humano para su cuidado y mejora (Sánchez- Vera y Martínez – Castañeda, 2014).

2.2.3. PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE CARACTERIZACIÓN

Es importante señalar que las tipologías o caracterizaciones de las unidades de

producción son una representación de ellas en el espacio tiempo por lo tanto son susceptibles a cambios en su estructura y clasificación, además de reconocer la relatividad de la importancia de ciertas variables (Alvarez et al., 2014).

Básicamente las tipologías o caracterizaciones de las unidades de producción pueden ser de dos clases principales, la primera incluye las estructurales basadas principalmente en variables que describen los recursos y niveles de activos, y la segunda son funcionales basadas en variables que describen las estrategias de subsistencia y la dinámica del hogar, el propósito de la tipología debe impulsar el proceso de desarrollo de la tipología y, por lo tanto, la selección de la variable (Tittonell, 2014).

En años anteriores se han empleado metodologías para lograr una tipificación de las unidades de producción entre estas podemos mencionar:

- a) Comparación paso a paso del funcionamiento de la finca (Capillon, 1993; Landais, 1998): para una zona delimitada, Este método de clasificación se basa en datos extensos sobre el funcionamiento de la granja (familia, objetivos, Historia, producciones, gestión, resultados tecno-económicos, limitaciones biofísicas, etc.), que pueden Obtenerse de las encuestas de una muestra estratificada de explotaciones. La agrupación en tipos se realiza utilizando un "Paso a paso" comparación de las granjas vecinas.
- b) Conocimiento experto: la construcción tipológica se basa en la agregación de fincas en grupos definidos por Expertos locales, informantes clave o agricultores (Giller et al., 2011; Landais, 1998; Pacini et al., 2013). Esta Conduce al establecimiento de una base de referencia común, generalmente, el enfoque tipológico basado en conocimientos expertos requiere poco tiempo y costos (Landais, 1998).

- c) Clasificación participativa: la clasificación de los hogares, sobre todo según la riqueza (clasificación de la riqueza), por Expertos y / o agricultores en un proceso participativo. Los activos observables son importantes cuando el ordenamiento se basa en la riqueza (Kebede, 2007).

- d) Análisis multivariante incluyendo métodos de ordenación y agrupación: este método puede ser visto como el Equivalente cuantitativo del "enfoque de conocimiento experto". Métodos estadísticos (por ejemplo, Análisis de componentes, análisis de correspondencia múltiple, análisis factorial múltiple, análisis multidimensional Escalado) se utilizan para clasificar objetos (aquí granjas). En el caso ideal no hay jerarquía o preconcepciones.

En investigaciones previas Hernández Morales et al., (2013); Alvarez et al., (2014); Kuivanen et al., (2018) utilizaron un análisis de factores y componentes principales por lo tanto este mismo análisis será usado para lograr una caracterización utilizando las variables que se describen en la siguiente sección.

2.2.4. VARIABLES PARA CONSIDERAR

Martínez–García et al. (2012) han demostrado gran diversidad de granjas lecheras en términos de finca y manejo de hato, además variables como intensidad de gestión, dimensiones de granja, condiciones sociales y acceso a la información, alimentación, el acceso a la asistencia técnica y la participación en programas de apoyo recibidos como subsidios.

Llevando a cabo una revisión de diferentes trabajos relacionados con caracterización de sistemas lecheros se pudo hacer una recopilación de las principales variables asociadas con este objetivo (Tabla 1).

Tabla 1.- Variables a considerar para caracterizar sistemas de producción a pequeña escala.

Características de la granja	Superficie disponible para pastoreo, superficie para cultivos forrajeros, infraestructura y características de ésta, equipo y maquinaria disponible.
Características del hato	Raza, hembras en producción, reemplazos, días de lactación, días secas, semental o inseminación artificial (este último también puede formar parte de tecnología)
Características del productor y familia	Edad del productor, genero, escolaridad, experiencia en la producción de leche, composición de la familia, contratan mano de obra externa, cuantos ayudan a las actividades propias de la granja.
Características de mercados	Precios de venta, costos de producción, compra de insumos, procesamiento de leche (elaboración de derivados lácteos).
Ubicación geográfica	vías de comunicación, intercambio de información con vecinos y distancia a mercados
Adopción de tecnología	Tecnologías usadas.

Fuente: elaborado a partir de Vélez *et al.*, 2013, Santos-Chávez, 2014., Alvarez *et al.*, 2014; Kuivanen *et al.*, 2016; Tittonel *et al.*, 2014.

2.3. CAMBIO TECNOLÓGICO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

Los sistemas de producción se ubican en un estado de balance determinado por la forma en la cual los recursos (plantas, animales, tierra, trabajo, capital y conocimiento) son utilizados para satisfacer la subsistencia y la demanda del mercado con menores riesgos para el productor y con la gran oportunidad de continuar con el éxito. Sin embargo, estos sistemas tienen que adaptarse a las condiciones y recursos que existen en cada micro región, así como el conocimiento y grado de utilización que pueda hacer el productor de estos recursos, de ahí que una misma área puedan existir dos sistemas de producción debido a la intervención y uso de tecnología.

Estos sistemas de producción no han podido expresar el potencial productivo debido principalmente a que no existe una metodología que facilite la transferencia de tecnología y la capacitación de los productores que permitan proponer sistemas de producción innovadores que incrementen la productividad por unidad de superficie.

Actualmente se cuenta con metodologías participativas que permiten reflexionar junto con los productores su problemática y las alternativas que existen con base a sus propios recursos; pero es necesario que los avances tecnológicos en producción animal permitan innovar los sistemas actuales de los pequeños productores para hacerlos más eficientes y mejorar sustancialmente su conocimiento.

Fujisaka (1994) concluye que los productores no adoptan innovaciones tecnológicas por factores como: a) La innovación enfrenta erróneamente el problema., b) Las prácticas de los productores son iguales o mejores que la innovación. c) La innovación no funciona. d) La extensión es errónea. e) La innovación es muy costosa. f) Existen factores sociales que no permiten su adopción este último lo aborda, Martínez- García et al. (2013), han encontrado factores que funcionan como barreras en contra de la adopción de estas tecnologías siendo principalmente, la presión social de personas que los rodean.

Se han desarrollado limitados avances recientes en la comprensión de aquello que influye en las innovaciones a pesar de la atención internacional a la pequeña agricultura como el desarrollo rural y seguridad alimentaria (FAO, 2019; Martínez- García et al., 2013).

Los sistemas de producción a pequeña escala desempeñan un papel en el desarrollo económico local por esta razón una amplia variedad de prácticas y tecnologías han sido promovidas por los servicios públicos (variedades mejoradas, tractores, molino de martillos, sistemas de irrigación mecánica, inseminación artificial, registros productivos, planes genéticos, parasiticidas, herbicidas, vacunas y pastos

mejorados.) lamentablemente la aceptación de éstas ha sido baja, al contrario de la mejora de pastizales y sus prácticas de manejo (Martínez- García et al., 2013). Sin embargo, las estrategias locales de uso de la tierra han cambiado como resultado de adaptar sus prácticas a las nuevas circunstancias, mejorando los sistemas agroforestales, el cultivo a corto y largo plazo, la mecanización de la agricultura y la mejora de la integración de los cultivos (Mertz et al., 2005)

2.3.1. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

Las áreas de la información y de la comunicación han visto potenciadas gracias al desarrollo de la tecnología, creándose lo que se conoce bajo el nombre de TIC o tecnologías de la información y la comunicación, las cuales han revolucionado los procedimientos de transmisión de la información, han abierto un universo de posibilidades en el que la distancia ya no es una barrera para la comunicación y el desarrollo de actividades entre personas ubicadas en un espacio físico diferente (Yunis et al., 2018)

Entre los diferentes modos y métodos de entrega de información a los agricultores, las TIC's tienen el potencial de ayudar a los agricultores a adquirir y acceder a información que puede transformarse para mejorar la producción agrícola y ganadera. En la actualidad, las plataformas de TIC de gran alcance se utilizan para acceder y compartir información y conocimientos agrícolas en forma de páginas web, audio, video y mensajes de texto.

Entre las diversas herramientas TIC, el teléfono móvil se ha convertido en uno de los instrumentos ampliamente aceptados y adoptados en la mayor parte del mundo para facilitar el proceso de comunicación de la información entre las comunidades agrícolas y ganaderas sin embargo en la industria láctea se considera una herramienta emergente (Rathod et al., 2016).

En países desarrollados como Alemania, los productores rurales hacen uso de TIC's de forma cotidiana en especial de teléfonos inteligentes, con aplicaciones específicas como herramientas para mejorar los cultivos y el manejo de hatos lecheros (Bonke et al., 2018) en países en desarrollo el uso de éstas tecnologías apenas es emergente en el medio rural (Rathod et al., 2016) por otro lado, en África, la radio sigue siendo el medio más utilizado en las zonas rurales y un instrumento clave de estrategias que intentan llegar a personas que pueden ser analfabetas y que a menudo carecen de electricidad.

En las regiones en desarrollo, las transmisiones de radio se han incluido en campañas, como componentes de los programas de educación a distancia desde la década de 1960 (Hudson et al., 2017). Actualmente el uso de múltiples tecnologías que interaccionan entre si pudiera ser una estrategia adecuada para promover el uso de tecnologías agropecuarias que mejoran la producción de alimentos y disminuyen costos en sistemas rurales, pese a los esfuerzos por lograr la adopción de tecnologías agropecuarias, existen múltiples factores que limitan su utilización, entre ellos los recursos económicos limitados, la falta de capacitación, e incluso factores psicosociales (Juárez-Morales et al., 2017).

El valor de la interactividad también se relaciona con la visión de que los procesos de innovación, que subyacen a la capacidad de adaptación de los agricultores y las decisiones de adoptar nuevas prácticas, los investigadores de adopción de tecnología han aplicado ampliamente la teoría de la difusión de la innovación. También se han desarrollado modelos de adopción como la Teoría de la Acción Razonada (TRA) (Ajzen y Fishbein, 1980), el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) (Davis, 1989), el Índice de Preparación Tecnológica (Parasuraman, 2000), o Índice de propensión a la adopción de tecnología (TAP) (Ratchford y Barnhart, 2012). Que se centran en comprender las razones y la probabilidad de adopción. Además de la teoría de adopción de Rogers (1962).

Crear un entorno propicio para la innovación a través de la facilitación del aprendizaje social y la colaboración entre los agricultores y otras partes interesadas, y el desarrollo de la capacidad de los agricultores para operar dentro de su entorno institucional existente es parte de una estrategia completa para promover la adopción de tecnologías óptimas para los sistemas de producción rural (Jahanmira y Cavadas, 2018)

El uso de las TIC, en particular los teléfonos móviles, se ha convertido en un componente importante de esta estrategia, de acuerdo con el INEGI, (2014) (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática en México, en los últimos años la disponibilidad de teléfonos celulares ha aumentado casi un 60% del año 2001 al 2013, lo mismo pasa con el acceso a internet y computadora, pero con un menor crecimiento (20%)

Los productores perciben al teléfono celular como la principal tecnología para comunicarse, principalmente en zonas de difícil acceso, donde el uso de otras TIC's está limitado, sin embargo la diferencia entre zonas urbanas y zonas rurales ,la disposición de TIC's es abismal, ya que mientras en zonas urbanas, la tasa de disponibilidad de TIC's es de 56.6% en zonas rurales apenas llega al 2.4% (INEGI, 2014) a pesar de ser herramientas que permiten la comunicación y por consecuencia la diseminación de innovaciones agropecuarias, que al final se convierten en alternativas para mejorar los procesos productivos de las granjas.

Autores como Lima et al. (2018) han utilizado los análisis de regresión logística multinomial para determinar los factores que intervienen en la adopción de tecnologías agropecuarias, así mismo Asfaw y Neka, (2018) utilizaron un análisis de regresión binaria para encontrar los factores que afectan la adopción de prácticas de conservación del suelo y el agua en Amhara, Etiopía.

Wainaina et al. (2016) analizaron la adopción de innovaciones de alto aporte y prácticas de gestión de recursos naturales en Kenia.

Kassie et al., (2015) exploran las decisiones de adopción de los pequeños agricultores de múltiples prácticas de intensificación sostenible en cuatro países de África oriental y meridional, A través de este tipo de análisis.

2.3.2. MODELOS APLICABLES A LA SEGUNDA FASE

2.3.2.1. MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

El análisis de regresión logística se ha utilizado con frecuencia para investigar las relaciones entre la probabilidad de respuesta y un conjunto de variables explicativas (SAS, 1994). En este caso, el agricultor i adopta una cierta tecnología si los beneficios derivados B_i son mayores que un determinado umbral T (Bernúes y Herrero, 2008).

3. HIPÓTESIS

Los productores de leche a pequeña escala, forman pequeños grupos de productores que a su vez, utilizan las TIC's para enviar y recibir información entre ellos, que propicia el uso o desuso de tecnologías agropecuarias propias para la comunidad.

4. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar a los productores de leche en pequeña escala del Noroeste del Estado de México, para identificar preferencias tecnológicas, analizar la importancia y el papel de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la difusión de información e identificar variables que influyen en la adopción de las TIC.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PRIMERA ETAPA

- 1.- Caracterizar a los productores de leche en pequeña escala del noroeste del Estado de México a través de las características del productor, estructura familiar, de producción y posesión y uso de tecnologías agropecuarias, así como tecnologías de comunicación e información.
- 2.- Identificar las tecnologías agropecuarias, y tecnologías información y comunicación por grupo de productores.
- 3.- Identificar la importancia de las tecnologías agropecuarias y de las tecnologías de información y comunicación.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA SEGUNDA ETAPA

1. Identificar la importancia del uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para los productores de leche en pequeña escala,
2. Identificar la información que reciben y comunican los productores a través de las TIC,
3. Identificar variables que influyen en la decisión de los productores para usar TIC, en su unidad de producción.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN

El trabajo se realizó en nueve localidades productoras de leche (Concepción Ejido, Concepción Pueblo, San Joaquín, Primer y Segundo Cuartel, Santa María Gunyó, Santa Ana Matlavat y Encinillas) del Municipio de Aculco, el cual se localiza en la zona Noroeste del Estado de México, México. Durante la década de los ochenta, en Aculco surge un vínculo de trabajo entre productores de leche en pequeña escala, colectores de leche y productores de queso de tipo artesanal (Crespo et al., 2014). Para el año 2001, Aculco se incorporó a la cadena de zonas turísticas nacionales, a través de la Secretaría de Turismo, y del programa nacional para salvaguardar la riqueza cultural de diversas poblaciones mexicanas denominado “Pueblos Mágicos de México” (SECTUR, 2019). Esto provocó que se incrementara la demanda de queso artesanal, dando origen a la apertura de nuevos negocios familiares.

5.1.2. DISEÑO DE CUESTIONARIO

Se diseñó un cuestionario dividido en cinco secciones, la primera se enfocó en obtener información sobre las características del productor y unidad familiar. La segunda capturó las características de la granja. La tercera sección, colectó información referente al uso de tecnologías, las cuales fueron divididas en siete grupos de variables acumulativas: manejo, alimentación, sanidad y reproducción, agrícolas, complementarias, infraestructura y tecnologías de información y comunicación (TIC's) así como la importancia de las tecnologías de información y comunicación (TIC) tales como: teléfono móvil, mensaje (SMS), WhatsApp, televisión y radio. El cuestionario también colectó temas que los productores comunican a través de uso de las TIC, como: servicios veterinarios, comunicación con otros productores, compra y venta de productos, apoyos de gobierno, precio del mercado, producción animal, servicios institucionales y noticias (Tabla 2). La cuarta sección colectó aspectos sobre temas de interés del productor (precio del mercado, clima, apoyos de gobierno, nuevas tecnologías, enfermedades, nutrición del

ganado, cultivos y compra de equipo), forma de comunicación y la percepción del productor sobre la importancia de cada tecnología. Este mismo cuestionario recabo información para la segunda fase.

Tabla 2. Grupos de tecnologías utilizadas como variables acumulativas.

Grupo de tecnologías	Tecnologías en cada grupo
Tecnologías de manejo	Identificación SINIIGA ¹ , descorne, sala de ordeño, tanque enfriador, registro de producción por vaca, registro de celos, registro de servicios, registro de partos y registro de sanidad.
Tecnologías de alimentación	Rastrojo de maíz, heno, ensilado de maíz, pradera de corte, pradera de pastoreo y alimento comercial.
Tecnologías de sanidad y reproducción	Vacunación, desparasitación, campaña contra tuberculosis y brucelosis, lavado de ubre, diagnóstico de mastitis, sellado, ectorapasisidas e inseminación artificial.
Tecnologías agrícolas	Tractor, arado, rastra, sembradora, ensiladora, empacadora, molino de martillos, picadora, semillas mejoradas, fertilizante químico y fertilizante orgánico.
Tecnologías complementarias	Elaboración de heno, elaboración de ensilado, implementación de praderas temporales, implementación de praderas irrigadas y cerco eléctrico.
Infraestructura	Establo, espacio para ensilar, cobertizo para maquinaria, becerras y bodega.
Tecnologías de información y comunicación (TIC's)	Teléfono móvil, mensajes (SMS), televisión, WhatsApp, radio, internet, teléfono fijo, Facebook, computadora y correo electrónico.

¹En México existe el Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) que tiene como objetivo el impulso a la producción y adopción de tecnologías agropecuarias por lo que como parte de las acciones se identifican animales (aretos de SIINIGA) y en cumplimiento con las normas oficiales de sanidad y manejo se vacunan contra brúcela y tuberculosis.

5.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTORES Y COLECTA DE DATOS

Para la colecta de datos, se aplicó un cuestionario a 170 productores, durante los meses de agosto a diciembre de 2018. Los productores participantes fueron seleccionados a través de un muestreo no probabilístico tipo bola de nieve (Vogth y Johnson, 2016). La muestra representa el 19% del total de las unidades de producción de leche registradas de la zona de estudio. Palela y Martins, (2012), indican que para estudios rurales, un tamaño de muestra válido puede incluir del 10 al 40% de la población. Casián y Castillo, (1987) indican que estudios realizados en comunidades rurales, el tamaño de muestra debe considerar al menos del 5 al 10% del total de la población. Los productores se caracterizan por contar con un tamaño de hato de 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Juárez- Morales et al., 2017).

Las unidades de producción consideradas en el estudio se caracterizan por ser unidades en pequeña escala; es decir, cuentan con un tamaño de hato de 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Juárez-Morales et al., 2017).

5.1.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Antes de realizar el análisis multivariados, la base de datos se arregló y organizó como es sugerido por Broman y Woo (2018). Se identificó datos atípicos a través de gráficos de caja. Para caracterizar a los 170 productores participantes, se realizó un Análisis de Factores (AF). Para la extracción de factores, se utilizó el método de Componentes Principales (CP). Veinte variables fueron seleccionadas; sin embargo, las variables con una comunalidad mayor a 0.5 fueron elegidas; por lo cual, 13 variables fueron consideradas para el análisis (Tabla 2). Para cumplir con los criterios de parsimonia e interpretabilidad del AF, se consideró el valor del índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) superior a 0.5, así como el valor de esfericidad de Bartlett ($P < 0.05$) (Field, 2013). La rotación ortogonal de maximización de la varianza (Varimax) fue utilizada para simplificar la interpretación de los factores obtenidos, como fue realizado seguido por Martínez García et al. (2015).

Las cargas factoriales obtenidas del análisis de CP, se utilizaron para realizar el análisis de Clúster Jerárquico como es recomendado por (Manly y Navarro, 2017). Para medir la similitud y realizar la agrupación de individuos, se utilizó el método de Ward y Distancia Euclidiana, la identificación y definición del número de grupos (Figura 1) se realizó a partir del dendograma (Hair et al., 2014) y la gráfica de asociación de distancias euclidianas, en la cual se realizó el corte para la obtención de grupos, en el punto intermedio del salto más grande de las distancias (Kuivanen et al., 2016). Para comparar a los grupos identificados con respecto a las variables analizadas, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, ya que las variables no mostraron distribución normal (Shapiro-Wilk). Las diferencias entre grupos fueron identificadas a partir de la comparación de pares (Field, 2013).

5.1.5. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE CADA GRUPO DE TECNOLOGÍAS

La percepción de los productores sobre la importancia de cada grupo de tecnologías (manejo, alimentación, sanidad y reproducción, agrícolas, complementarias y TIC's) se midió con una escala de tipo Likert de cinco puntos (1=nada importante a 5=muy importante), realizando la pregunta ¿qué tan importante es para usted el uso de... en su unidad de producción?, como es indicado por Martínez-García et al. (2015a). Para analizar las respuestas se contempló la mediana como medida de centralidad y el rango intercuartil (RIC) como medida de dispersión; ya que son medidas apropiadas para pruebas no paramétricas (Field, 2013). La comparación de grupos con respecto a la percepción del productor sobre la importancia de cada grupo de tecnologías, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y para identificar las diferencias entre grupos se realizó la prueba de comparación múltiple de pares (Field, 2013).

5.1.5. USO, IMPORTANCIA Y COMUNICACIÓN DE INFORMACIÓN CON TIC'S

Para comparar el porcentaje de productores que usan cada una de las 10 TIC's consideradas en el estudio, así como para identificar diferencias entre los cuatro grupos de productores, se realizó un análisis de Ji Cuadrada con una significancia

de ($P < 0.10$), con prueba de z y ajuste de Bonferroni (Field, 2013). La importancia de cada una de las 10 TIC's se midió a través de una escala de tipo Likert de cinco puntos que va de 1=nada importante a 5=muy importante. La comparación de grupos con respecto a la percepción de la importancia de las TIC's, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y para identificar las diferencias entre grupos se realizó la prueba de comparación múltiple de pares (Field, 2013). Para identificar la información que se comunica con las TIC's, se consideraron ocho temas de interés para los productores: comunicación con otros productores, producción animal, servicios de gobierno, servicios institucionales, servicios veterinarios, precios del mercado, compra y venta de productos y noticias.

5.2. METODOLOGÍA EN EL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

5.2.1. ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó un análisis exploratorio de datos para identificar datos perdidos y atípicos (Field, 2013). Para describir las características generales de los productores participantes y sus unidades de producción, se utilizó estadística descriptiva (Martínez-García et al., 2016).

5.2.2. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE LAS TIC

La percepción de los productores sobre la importancia del uso de las TIC en su unidad de producción se midió a través de una escala de tipo Likert de cinco puntos (1=nada importante a 5=muy importante), realizando la pregunta ¿qué tan importante es para usted el uso de.... En su unidad de producción?, como es sugerido por Martínez-García et al. (2015). Para analizar las respuestas, se dividió la muestra en usuarios y no usuarios de las TIC y se utilizó la media y desviación estándar como medida de centralidad (Field, 2013).

5.2.3 TEMAS DE COMUNICACIÓN Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN A PARTIR DEL USO DE LAS TIC

Para identificar las tecnologías de información y comunicación (TIC) de mayor uso por los productores, para la comunicación de los temas considerados en el estudio (servicios veterinarios, comunicación con otros productores, compra y venta de productos, apoyos de gobierno, precio del mercado, producción animal, servicios institucionales y noticias), se realizó un análisis de frecuencias (Field, 2013), donde solo fueron considerados los productores del grupo de productores que hacen uso de las TIC.

5.2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LAS TIC

Para identificar las variables que influyen en el uso de las cinco TIC (teléfono móvil, mensaje (SMS), WhatsApp, televisión y radio), se realizó un análisis de regresión logística binaria (Field, 2013; Martínez-García et al., 2016; Asfaw y Neka, 2017), la cual es una forma especial de regresión múltiple, donde la variable dependiente es no métrica y dicotómica, y las variables predictivas son continuas y categóricas (Field, 2013; Hair et al., 2014). La identificación de las variables se realizó con el siguiente modelo.

$$P(Y)=\beta_0 +\beta_1X_1 +\beta_2X_2+\dots+\beta_nX_n,$$

Donde:

P (Y) es la probabilidad de que ocurra el evento (Y)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son parámetros desconocidos.

X_1, X_2, \dots, X_n son variables explicativas.

En el modelo, el uso de cada una de las cinco TIC fue tratada como variables binarias, por lo tanto, la respuesta binaria de la variable (Y) fue: Y = 0, no uso de la

TIC y $Y = 1$, uso de la TIC. Las variables explicativas fueron seleccionadas de estudios previos sobre factores que influyen en el uso tecnológico (Bernués y Herrero, 2008; Martínez-García et al., 2016; Asfaw y Neka, 2017). Así, un conjunto de 16 variables fueron seleccionadas tales como: edad del productor, escolaridad del productor, experiencia del productor, miembros de la familia, mano de obra familiar, tamaño de hato, producción de leche por vaca por día, producción de leche por hato al día, ingreso por venta de leche al día, total de hectáreas, total de tecnologías de alimentación, total de tecnologías de sanidad y reproducción, total de tecnologías agrícolas, total de tecnologías de manejo, nivel de infraestructura e importancia de cada TIC.

Para la adecuación del tamaño de muestra, Tabachnick y Fidel (2012) indican que cada variable que se inserte al modelo debe de contar con 10 observaciones, y contar con un mínimo de muestra de 100. Sin embargo, Hair et al., (2014) recomiendan que deben de ser cinco observaciones por cada variable explicativa que se considere en el modelo. Por lo tanto, el trabajo cumple con el tamaño de muestra requerido para las 16 variables explicativas seleccionadas. Para la integración de las variables predictivas al modelo se consideró, el método de pasos hacia atrás (Field, 2013). Para la interpretación de los resultados del análisis de regresión logística se utilizó el valor del Exp b, como es sugerido por (Field, 2013). Para evaluar el ajuste del modelo, se consideraron las de R^2 de Cox y Snell, Nagelkerker y Hosmer y Lemeshow como es recomendado por Hair et al. (2014). El análisis de la información se realizó con el software SPSS versión 22.

6. RESULTADOS

Al final de la investigación se generaron productos académicos que se incluyen en la tesis, un artículo: García Villegas J.D., García Martínez A., Arriaga Jordán C.M. y Martínez García C.G. (2019). Exploración de los medios de comunicación preferidos por pequeños productores de leche en Aculco, Estado de México. *Revista Mexicana de Agro-ecosistemas* 6 (2): 1494-1499. ISSN: 2007-9559.

Así mismo se cuenta con un artículo aceptado con correcciones (05 de Junio de 2020), intitulado: *Use of information and communication technologies in small-scale dairy production systems in central Mexico*, por la revista *Experimental Agriculture*, la cual se encuentra indexada en el Journal Citation Report.

Un tercer producto intitulado: *Factors influencing the use of information and communication technologies (ICT) by small-scale dairy farmers*, fue enviado (05 June 2020) a la revista *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, la cual se encuentra en el índice de revistas mexicanas de ciencia y tecnología del CONACYT.

1 **USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN SMALL-**
2 **SCALE DAIRY PRODUCTION SYSTEMS IN CENTRAL MEXICO**

3 By JUAN DE DIOS GARCÍA-VILLEGAS¹, ANASTACIO GARCÍA-MARTÍNEZ², CARLOS
4 MANUEL ARRIAGA-JORDÁN¹, MONICA ELIZAMA RUIZ-TORRES¹, ADOLFO
5 ARMANDO RAYAS AMOR³, PETER DORWARD⁴ AND CARLOS GALDINO MARTÍNEZ-
6 GARCÍA^{1*}

7
8 ¹*Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de*
9 *México (UAEM), Campus el Cerrillo. El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de*
10 *México, México.*

11 ²*Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México,*
12 *México. Km. 67.5 Carretera Toluca-Tejupilco, Barrio de Santiago, Temascaltepec de González.*
13 *C.P. 51300. Estado de México.*

14 ³*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, División de Ciencias Biológicas y de la*
15 *Salud, Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. Hidalgo poniente No. 46 Colonia la*
16 *Estación, 52006. Lerma de Villada, Estado de México, México.*

17 ⁴*School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading. PO Box 237, Reading RG6*
18 *6AR, UK.*

19 *Corresponding author: cgmartinezg@uaemex.mx

20

21

22

23

24
25

ABSTRACT

26 The objective of the present study was to identify the technological preferences of small-scale dairy
27 production systems according to their key characteristics and to analyze the importance and role of
28 ITCs in the dissemination of information. Information was collected through a survey applied to
29 170 small-scale dairy farmers. The resulting data were analyzed using multivariate and non-
30 parametric statistics. To characterize the production systems, a factor analysis (FA) and cluster
31 analysis (CA) were performed. To compare the farm characteristics and identify differences
32 between groups, a Kruskal-Wallis test was performed. Four factors that explain 70.93% of the
33 accumulated variance were identified; these were related with the use of technology, production
34 characteristics, social connections, and experience of farmers in the use of ITCs. The cluster
35 analysis identified four groups of farmers. Group 1 was integrated by farmers with more experience
36 and the largest farms. Group 2 had a higher education level and use of ITCs. Group 3 was formed
37 by young farmers but had a low use of technology. Group 4 contained older farmers with a low use
38 of technology. The young farmers and those with a higher educational level have begun to
39 incorporate ITCs into their daily activities on the farm, as observed for Group 2. Mobile phones
40 were the most used ITC and were considered important by the farmers of the four groups because
41 they enable interaction with other farmers and the dissemination of topics of interest related with
42 their farm. Technologies dependent on the internet were not used by any of the groups and were
43 considered to be unimportant or little important. In conclusion, the characterization of the
44 production systems enabled groups of farmers with different technological preferences to be
45 identified, and it is important to continue to study and understand the use of ITCs, an emerging
46 theme in small-scale dairy production systems, for the transmission of information relevant for
47 livestock management.

48 Key words: Small-scale dairy production, technological importance, transmission of information,
49 ITCs, Mexico.

50 INTRODUCTION

51 Significant economic, social, institutional, and technological changes have occurred over the last
52 century, affecting production systems worldwide (FAO, 2013). Agrolivestock systems in many
53 developing countries are facing challenges in adapting to new and changing circumstances,
54 including adapting to and incorporating new technologies in their production schemes. An
55 agrolivestock system is considered as a set of resources organized, managed, and adopted by an
56 agricultural household that involves, for example, the selection of crops, livestock, and agricultural
57 and non-agricultural businesses (Kuivanen *et al.*, 2016).

58 At the same time, it is estimated that by 2050, the global human population will increase by 70%,
59 leading to an increased demand for food production (FAO, 2013). More than 750 million people
60 around the world are dedicated to small-scale dairy production. This activity contributes to creating
61 jobs and reducing poverty and hunger in developing countries (FAO, 2019). Notably, small-scale
62 dairy production systems are characteristically able to adapt to emerging circumstances through
63 balancing, exploring, or creating new alternatives (Turner *et al.*, 2017).

64 In Mexico, the production of cow's milk grew during the 1990s at an average annual rate of 1.3%,
65 leading the country to occupy 16th place in global dairy production. By 2014, milk production
66 reached 11,108.4 million liters (SIAP-SAGARPA, 2014). However, this level of production only
67 satisfies 80% of national demand and, accordingly, Mexico occupies 1st place in the world in the
68 amount of imported powdered milk (Loera and Banda, 2017). At the national level, 35% of milk
69 is produced by small-scale production systems (Plata-Reyes *et al.*, 2018). These systems are
70 generally situated in rural areas immersed with nature and also share some limitations such as low

71 access to credits, low level of technology use, low availability of land, and lack of professional
72 training (Kuivanen *et al.*, 2016). As a result, farmers have distinct skillsets and ambitions, leading
73 to high variability and heterogeneity in the characteristics of production systems (Makate and
74 Mango, 2017). The lack of similarity among production systems further limits the adoption and
75 dissemination of relevant agrolivestock technologies (Martinez-García *et al.*, 2015a).

76 Several studies (Martinez-García *et al.*, 2015a; Makate and Mango, 2017; Makate *et al.*, 2018)
77 have focused on the characterization of production systems using multivariate statistics with the
78 aim of grouping systems with similar characteristics. Using this methodology, the diversity and
79 similarity of these systems may be better understood, and recommendations or improvements may
80 be directed to particular groups based on their key characteristics and needs. Therefore, the
81 characterization of production systems is considered to be a useful tool that enables the design of
82 strategies for the training, communication, and dissemination of agro-livestock technologies,
83 taking into account the characteristics and needs of each identified group (Martinez-García *et al.*,
84 2012).

85 To perform such a characterization, according to Kumar (2014), a sample size of 18 to 2746 farms
86 is required, or a median of 138 production units. However, studies on small-scale dairy production
87 systems in central Mexico have characterized sample sizes as low as 44 (Martinez-García *et al.*,
88 2015a), 69 (Espinoza Ortega *et al.*, 2007), and 115 production units (Martinez-García *et al.*, 2012).

89 The aforementioned studies considered variables that describe the farmers, family unit, farm,
90 participation in governmental programs, and level of technology use; however, no studies have
91 taken into account the use of information and communication technologies (ITCs), which play an
92 important role in the management of dairy farms in developed countries such as Germany (Bonke
93 *et al.*, 2018; Michels *et al.*, 2019), the United States (Borchers and Bewley, 2015), and Australia
94 (Bramley and Ouzman, 2019). In developing countries such as India and Uganda (Lee and Abbott,

4

95 2011), the implementation of ICTs, mainly in rural areas, is barely emerging (Rathod *et al.*, 2016).
96 Small-scale dairy farmers have also begun to implement ITCs to improve farm-related activities,
97 for which the following question emerges: What is the role and importance of ITCs in small-scale
98 dairy production systems? Some studies (Juarez-Morales *et al.*, 2017; Martínez-García *et al.*, 2018;
99 Schaak and Mubhoff, 2018) have indicated that farmers' perception of the importance of a
100 technology plays an important role in its use and adoption. However, there is a gap in knowledge
101 of the role of ITCs in rural zones and especially in small-scale dairy production systems. Therefore,
102 the objective of the present study was to identify the technological preferences of small-scale dairy
103 production systems according to their key characteristics and to analyze the importance and role of
104 ITCs in the dissemination of information related to management and livestock activities.

105

106 MATERIALS AND METHODS

107 The study was carried out in nine dairy-producing localities (Concepción Ejido, Concepción
108 Pueblo, San Joaquín, Primer y Segundo Cuartel, Santa María, Gunyó, Santa Ana Matlavat, and
109 Encinillas) of the municipality of Aculco in the northwestern area of the State of Mexico, Mexico.
110 During the 1980s, a professional working group emerged in Aculco among small-scale dairy
111 farmers, milk collectors, and farmers of artisanal-type cheese (Crespo *et al.*, 2014). By 2001,
112 Aculco was incorporated to the chain of national tourism zones sponsored by the Secretary of
113 Tourism and the national program for safeguarding the cultural richness of Mexican towns called
114 "Pueblos Mágicos de México" (Magical Towns of Mexico) (SECTUR, 2019). This led to an
115 increase in demand for local products such as artisanal cheese and, consequently, the establishment
116 of new family businesses.

117

118 *Survey design*

119 A survey divided into fourth sections was designed. The first focused on information about farmer
120 characteristics and the family unit, the second on farm characteristics, and the third on information
121 relating to the use of technology, including the following seven types of technology, which were
122 treated as cumulative variables: management, feeding, health and reproduction, agricultural,
123 complementary, infrastructure, and information and communication technologies (ITCs) (Table 1).
124 Finally, the fourth section collected information on themes of interest to the farmer (market prices,
125 climate, governmental supports, new technologies, diseases, livestock nutrition, crops, and
126 purchase of equipment), means of communication, and perceptions of the importance of each
127 technology.

128 [\[Insert Table 1 here\]](#)

129

130 *Identification of farmers and collection of data*

131 To collect data, a survey was applied to 170 farmers during the months of August to December
132 2018. The participating farmers were selected through a non-probabilistic snowball sampling
133 (Vogth and Johnson, 2016) that represented 19% of the total dairy production units recorded in the
134 study area. Palela and Martins (2012) indicated that, for rural studies, a valid sample size should
135 include 10% to 40% of the population. Only small-scale production units were considered in the
136 present study, or those with a herd size of 3 to 35 cows in addition to replacements (Juárez-Morales
137 *et al.*, 2017).

138

139 *Data analysis*

140 Prior to multivariate analysis, the database was cleaned and organized as suggested by Broman and
141 Woo (2018). Atypical data were identified using box plots. To characterize the 170 participating
142 farmers, a factor analysis (FA) was performed. To extract the factors, the principal component (PC)

143 method was used. Twenty variables were originally selected; however, only those with a
144 communality greater than 0.5 were retained. Thirteen variables were therefore considered in the
145 final analysis (Table 2). To comply with the parsimony and interpretability criteria of the FA, it
146 was confirmed that the value of the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) index was greater than 0.5 and
147 that Bartlett's sphericity value was significant ($P<0.05$) (Field, 2013). The orthogonal rotation of
148 maximum variance (Varimax) was used to simplify the interpretation of the obtained factors similar
149 to Martínez García *et al.* (2015a).

150

151 The factorial loads obtained from the PC analysis were used to carry out the hierarchical cluster
152 analysis as recommended by Manly and Navarro (2017). To measure the similarity of farms and
153 group them, the Ward and Euclidian distance method were used. The number of groups (Figure 1)
154 was defined based on the generated dendrogram (Hair *et al.*, 2014) and the association graph of
155 Euclidian distances wherein the cut-off point to obtain the groups was made at the intermediate
156 point of the largest break in distance (Kuivanen *et al.*, 2016). To compare the identified groups
157 with respect to the analyzed variables, a non-parametric Kruskal-Wallis test was performed since
158 the variables did not have a normal distribution (Shapiro-Wilk). The differences among groups
159 were identified through pairwise comparison (Field, 2013).

160

161 *Perception of the importance of technology*

162 The perception of the farmers of the importance of each type of technology (management, feeding,
163 health and reproduction, agricultural, complementary, and ITCs) was solicited by the following
164 question: How important is the use of . . . in your production unit? The responses were measured
165 on a five-point Likert-type scale from not important (1) to very important (5) (Martínez-García *et*
166 *al.*, 2015a). To analyze the responses, the median was calculated as a measure of centrality and the

167 interquartile range as a measure of dispersion; these are considered to be appropriate measures for
168 non-parametric tests (Field, 2013). The groups were compared according to farmers' perceptions
169 of technology using the Kruskal-Wallis test and, to identify the differences among groups, a
170 multiple pairwise comparison test was carried out (Field, 2013).

171

172 *Use, importance, and communication of information through ITCs*

173 To compare the percentage of farmers that use each of 10 ITCs and to identify differences between
174 them, a chi-square test was carried out at a significance level of $P < 0.10$ along with a z-test and
175 Bonferroni correction (Field, 2013). The importance of the 10 ITCs was measured using a five-
176 point Likert-type scale ranging from 1 (not important) to 5 (very important). To compare groups
177 with respect to their perception of the importance of the ITCs, the Kruskal-Wallis test was used
178 and, to identify the differences among groups, a multiple pairwise comparison test was carried out
179 (Field, 2013). The information communicated by the ITCs was categorized into eight areas of
180 interest to farmers: communication with other farmers, animal production, governmental services,
181 institutional services, veterinary services, market prices, purchase and sale of products, and news.

182

183 RESULTS

184 *Characterization of the dairy production farms*

185 *Factor analysis*

186 Four factors were obtained (Table 2) that explained 70.93% of the variance with a KMO of 0.798
187 and a significant Bartlett's test ($P < 0.001$), confirming the reliability of the analysis. Factor 1
188 grouped variables that described the technological level. Concretely, a greater use of technologies
189 was associated with greater technological diversity in the farm. Factor 2 grouped variables related

190 with the production level. In this case, a higher level of infrastructure and herd size were associated
191 with a greater sale of milk and income per day in the farm.

192 Factor 3 described the social relationships involving technology. A positive association was
193 evidenced between the means of communication and topics of interest, suggesting a link among
194 farmers in the transference of information. Lastly, Factor 4 outlines a negative relationship between
195 the variables of farmer experience and use of ITCs, which is to say that a lower number of years of
196 experience as a dairy farmer is associated with a greater use of ITCs.

197 [\[Insert Table 2 here\]](#)

198

199 *Characteristics of the four identified groups*

200 The dendrogram (left) showed several solutions to grouping the production units; however, the plot
201 of linkage distances (right) was used to determine the cut-off point for selecting the groups. The
202 cut-off point was placed at the central point of the largest Euclidian distance (between 22 and 30).
203 A dashed line extending from this point was then used to determine the four groups ([Figure 1](#)). The
204 vertical axis represents the agglomeration coefficients of the height, or distance, between the
205 groups of each step.

206 [\[Insert Figure 1 here\]](#)

207

208 The characteristics of each group are presented in [Table 3](#). Of the 13 analyzed variables, 12 showed
209 significant differences ($P<0.05$) among the four groups. Group 1 is formed by 48 farmers with a
210 primary level of schooling, age of 60 years, and greater experience as milk farmers. These farmers
211 also have an average of five hectares and the largest herd size, with 6 cows in production, which
212 is, albeit, similar to Groups 2, 3, and 4. However, this group holds second place in quantity of milk
213 sold and income per day. The production of milk is considered the main source of income.

214 [Insert Table 3 here]

215

216 Additionally, Group 1 presented the highest level of technology use (similar to Group 2). The most
217 adopted technologies were feeding, health and reproduction, and agricultural technologies. On the
218 other hand, management and complementary technologies were the least adopted (in all four
219 groups). Group 1 also had the highest number of areas of interest (albeit similar to Groups 2 and
220 4). The members of this group expressed that they prefer to face-to-face communication with other
221 farmers and governmental institutions regarding topics related to dairy production (similar to the
222 farmers of Groups 3 and 4). Finally, a low use of ITCs was observed (similar to Groups 3 and 4).
223 Group 2 is formed by 48 farmers with, on average, a secondary level of education, age of 46 years,
224 and the second lowest level of experience in milk production. All farms (100%) rely on family
225 labor and have, on average, two hectares. However, 46% of farmers rent at least two additional
226 hectares to plant pastures and make a considerable use of technologies despite having a lower herd
227 size and milk sales. In addition, they have the second lowest income per day. Notably, 65% of
228 farmers received income outside of the farm by working, for example, as a taxi driver or in nearby
229 factories. This group makes the greatest use of ITCs and prefers to communicate about topics of
230 interest through mobile phones.

231 Group 3 is integrated by 37 farmers with, on average, a primary education level and 47 years of
232 age. The labors of the farm are carried out by family. The farmers of this group have, on average,
233 two hectares for agricultural tasks. They also obtained the most milk sales and highest income per
234 day. For 70% of farmers, milk is the main source of income. This group presented a low use of
235 technologies, although health and reproduction technologies were those most used by farmers.
236 Notably, this group had the lowest number of topics of interest which, however, included market
237 prices, governmental supports, new technologies, animal nutrition, and livestock diseases.

238 Group 4 is formed by 37 farmers with, on average, a primary education level and age of 53 years.
239 The farmers of this group have the second highest level of experience in milk production. Also,
240 these farmers have an average land area of 1.8 hectares and rent an average of two hectares for
241 cultivating maize (*Zea mays*) and pastures. All farmers (100%) consider milk production to be the
242 main source of income. This group had the highest level of production and income from milk sales
243 despite using the least amount of technology and having a level of infrastructure similar to that of
244 Groups 1, 2, and 3.

245

246 *Perception of the importance of use of each group of technologies*

247 [Table 4](#) indicates significant differences ($P<0.05$) among the four groups with respect to the
248 perception of farmers of the importance of use of each group of technologies on their farm. Group
249 1 indicated that management technologies are little important, although for Groups 2, 3, and 4,
250 these were not at all important. Feeding technologies were considered as fairly important and very
251 important by Groups 1 and 2, respectively. Groups 3 and 4 considered them important. Health and
252 reproduction technologies were considered fairly important and important by Groups 1 and 2,
253 respectively; however, these were little important for the farmers of Groups 3 and 4.
254 Groups 1 and 3 considered agricultural technologies as very important, whereas for the Groups 3
255 and 4, they were little important. Complementary technologies were only considered as important
256 by Groups 1 and 2. For the remaining groups (3 and 4), they were little important. ITCs were
257 considered as not important by Groups 1, 3, and 4 and were only little important to the farmers of
258 Group 2.

259 [\[Insert Table 4 here\]](#)

260

261 *Use of the ITCs by small dairy farmers*

262 [Table 5](#) indicates the percentage of farmers that make use of the 10 ITCs considered in the study.
263 Significant differences ($P<0.10$) are observed in the percentage of farmers that make calls using
264 mobile phone, send messages (SMS), and make landline calls. In all cases, a relatively low
265 proportion of farmers use landlines at their farm. The farmers of Group 2 used these latter three
266 technologies to the greatest extent; however, the mobile phone was the ITC of greatest use in all
267 four groups.

268 [\[Insert Table 5 here\]](#)

269

270 Group 1 is characterized by the indirect use of ITCs, as farmers stated that they make calls using
271 the mobile phone of a close family member such as their son or daughter, niece or nephew, or
272 grandchild. The most common use of mobile phones in the four groups is for sending text messages
273 (SMS). The ITCs that require the internet such as WhatsApp, Facebook, the computer, and e-mail
274 were used at a low rate within the four groups ([Table 5](#)). Meanwhile, Group 2 is characterized by
275 the direct use of ITCs. The majority of the farmers in this group prefer communication over mobile
276 phones, which are considered to be the most agile medium. Group 3 is characterized by a low but
277 direct use of ITCs. Group 4 is characterized by scarce indirect access to ITCs and uses these
278 technologies to the lowest extent; also, similar to Group 1, they access these technologies through
279 close family members.

280

281 *Perception of the importance of use of ITCs*

282 Farmers' perceptions of the importance of use of ITCs is outlined in [Table 6](#). Group 2 showed
283 significant differences ($P<0.05$) in comparison with Groups 1, 3, and 4. The farmers of Group 2
284 indicated that calls and messages (SMS) through mobile phones were fairly important and that
285 WhatsApp was important for communicating with other farmers. The farmers of Groups 1 and 3

286 indicated that calls through mobile phones were important. Finally, the farmers of Groups 1, 3, and
287 4 indicated that messages (SMS) and WhatsApp were little important.

288 [\[Insert Table 6 here\]](#)

289

290 Television, radio, internet, computer, and e-mail were considered as little important by the four
291 groups; however, the farmers of Group 4 considered e-mail as not important. Landline and
292 Facebook were considered as not important for communication among farmers in the four groups.

293

294 *Communication of information through ITCs*

295 The main areas of interest and corresponding ITCs used to communicate information are described
296 in [Table 7](#). The four groups presented significant differences ($P<0.10$): Groups 3 and 4 had the
297 lowest percentage of farmers that use ITCs for communicating about topics related to livestock
298 production. Seven of the eight areas of interest were communicated through calls and messages
299 (SMS) via mobile phones, mainly in Groups 1 and 2. Additionally, mobile phones were the
300 preferred medium for making calls with other farmers and soliciting veterinary services. Finally,
301 television and radio are the ITCs of greatest preference for farmers to find out about relevant news,
302 mainly in Groups 1 and 2.

303 [\[Insert Table 7 here\]](#)

304

305

DISCUSSION

306 *Characterization of the dairy production systems*

307 Given the vast differences in work strategies, information and communication strategies, and level
308 of technology adopted by farmers in rural areas (Kuivanen *et al.*, 2016; Makate and Mango, 2018),
309 the characterization of production units has been considered as a useful tool for decision making,

310 the transference of technologies, the generation of public policies, and the proposal of extension
311 services (Martínez-García *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015a). The present results
312 highlighted four groups of production units defined by their level of technology use and production,
313 production unit characteristics, and use of ITCs.

314 Martínez-García *et al.* (2012) found that farmers who consider milk production as the main source
315 of family income make a greater incorporation and use of technologies, as observed with the
316 farmers in Group 1 in the present study. In contrast, Group 4 had the highest production of milk
317 and income despite employing the lowest level of technology. This can be attributed to these latter
318 farmers' years of experience and the effectiveness of the technologies used in their farms, such as
319 feeding technologies that take advantage of maize silage, pastures for cutting, and grazing pastures.
320 Prospero-Bernal *et al.* (2017) indicated that these latter technologies increased the economic
321 sustainability of small-scale dairy production systems. Therefore, extension programs should be
322 created to promote the most efficient and profitable feeding technologies in small-scale dairy
323 production systems.

324 With respect to the topics of interest for farmers such as market prices, climate, governmental
325 supports, new technologies, diseases, livestock nutrition, crops, and purchase of equipment, the
326 majority of the groups (1, 3, and 4) expressed a preference for direct and face-to-face
327 communication. In this regard, they prefer directly interacting with other farmers or with personnel
328 who provide extension services. Martínez-García *et al.* (2015a) found that small-scale dairy
329 farmers preferred to attend courses and talks on themes related to dairy production within their own
330 community or on nearby farms because travel to neighboring communities or the municipal capital
331 can be time-consuming. Most notably, the farmers of Group 2 presented the greatest use of ITCs
332 and preferred to communicate about topics of interest through mobile phones, which may be
333 attributed to their young age and high education level. Given the present context, extension services

334 should direct their efforts toward creating digital infographics on topics of interest for farmers that
335 can be distributed by mobile phones in order to facilitate the communication and dissemination of
336 information to milk farmers.

337

338 *Perception of the importance of use of each group of technologies*

339 Previous studies indicate that the perception of farmers of the importance of technology plays an
340 important role in decision making regarding the use and adoption of new technologies (Martínez-
341 García *et al.*, 2016; Schaak and Mubhoff, 2018). In the present study, the perception of the farmers
342 of the importance of the analyzed technologies is directly related with their availability and use on
343 their farms. Borchers and Bewley (2015) indicated that farmers select technologies that can satisfy
344 their needs for several years considering financial and demographic factors and expert advisory.
345 For example, feeding technologies were considered to be of the greatest importance by the four
346 groups. This can be attributed to the importance that farmers placed on finding new feeding
347 strategies that decrease production costs, especially considering that it was estimated that
348 approximately 70% of production costs in small-scale dairy production systems corresponded with
349 feeding costs (Martínez-García *et al.*, 2015b).

350 The technologies were rated as not important when the farmers were unable to count on them in
351 their production unit. The management, health and reproduction, agricultural, and complementary
352 technologies and ITCs were considered as not important to little important, especially by the
353 farmers of Groups 3 and 4. Michels *et al.* (2019) mentioned that the adoption is low when the
354 technologies do not satisfy needs and do not resolve a determined problem. However, extension
355 and training programs should be developed to promote the technologies considered as little or not
356 important such as, for example, health and reproduction technologies that could improve the health

357 and fertility of cows, which are important for the productive and economic efficiency of farms
358 (Shalloo *et al.*, 2018).

359

360 *Use of ITCs by small-scale dairy farmers*

361 In developed countries, the use of ITCs is increasing given the availability of mobile phone
362 applications for precision agriculture and dairy management (Michels *et al.*, 2019). However, in
363 developing countries, the use of mobile phones in rural areas is barely emerging (Rathod *et al.*,
364 2016). Similar results were observed for the use of ITCs by small-scale dairy farmers, as these were
365 adopted at low but varying rates in the four groups according to the age of farmers, level of
366 education, lack of mobile signal or internet, and knowledge of their use and management within
367 production units. In this last regard, farmers are generally unable to imagine the practical utility of
368 ITCs in the production unit. One solution is to create extension services that encourage the
369 development of abilities and knowledge regarding the daily use and integration of ITCs on farms.
370 It would also be possible to disseminate infographics on feeding technologies (maize silage and
371 planted pastures) through mobile phones and WhatsApp, which are the emerging technologies most
372 used by dairy farmers, mainly those of Group 2. Michels *et al.* (2019) highlighted how mobile
373 phones can be adapted to the working routines of farmers because of their mobility. Accordingly,
374 the promotion and training on the use of mobile applications could be one alternative for improving
375 herd management (Bonke *et al.*, 2018).

376 It is also important to note that the ITCs are used by farmers both indirectly (Groups 1 and 4) and
377 directly (Groups 2 and 3). Farmers of greater age without skills or knowledge of ITCs tend to use
378 these technologies indirectly by, for example, using family members' mobile phones. These
379 farmers could be considered as passive users of the ITCs. On the other hand, the younger farmers
380 made the most direct use of ITCs and had the most knowledge of their use. These farmers could be

381 considered digital migrants since they were born before the technological boom and have resisted
382 the use of ITCs; however, they have slowly adapted to the use of these technologies (Autry and
383 Berg, 2011).

384

385 *Perception of the importance of use of ITCs*

386 Of the evaluated ITCs, the mobile phone was preferred and considered as important by most groups
387 of farmers (Groups 1, 2, and 3) despite being considered as an emerging technology in developing
388 countries (Rathod *et al.*, 2016). The perception of the importance of the ITCs can be related with
389 their incorporation and frequency of use by farmers. For instance, the farmers mentioned that
390 mobile phones facilitate rapid and efficient communication with family members, farmers,
391 veterinarians, and feed sellers, as well as during emergencies. Likewise, they can easily be used
392 anywhere and to locate specific individuals. However, on occasions, they mentioned that lack of
393 signal is a problem, although farmers often send messages (SMS) in this case as these are sent once
394 the signal is re-established. The farmers of Group 2 considered SMS as fairly important for
395 maintaining communication with family, friends, or other farmers. Given these findings, it could
396 be worthwhile to explore the social network generated by the use of mobile phones in order to
397 identify the dynamics and key actors that favor the communication and dissemination of agro-
398 livestock information. Finally, the ITCs that depend on the use of internet such as WhatsApp,
399 Facebook, computer, and e-mail were considered not important to little important by the four
400 groups. Farmers do not use these technologies because the internet is expensive, and they lack
401 knowledge of how to use it. Lima *et al.* (2018) similarly argued that the lack of knowledge and
402 comfort or insecurity in using a technology inhibit its acceptance and adoption by farmers.

403

404 *Communication of information through ITCs*

405 In regard to the communication of information through ITCs among small-scale dairy farmers, the
406 results indicate that ITCs are emerging technologies. The farmers of Groups 1 and 2 mainly use
407 mobile phones to make calls and, secondly, to send messages (SMS). Also, using mobile phones,
408 Groups 1 and 2 communicate about seven of the eight topics of interest. Specifically, the farmers
409 of all four groups use mobile phones to stay in contact with other farmers and to request veterinary
410 services. Therefore, since mobile phones are already used by farmers, they could also be useful
411 tools for communicating and disseminating information about the topics of interest. However, it
412 should be mentioned that in Groups 3 and 4, the use of ITCs to communicate information was
413 limited. Lima *et al.* (2018) indicated that the adoption and use of ITCs is dependent on farmers'
414 familiarity and level of use of these technologies. Extension services should encourage the use of
415 ITCs and provide adequate training on them in order to provide farmers with the skills and tools to
416 obtain information relevant to dairy production and, as a result, improve herd management.

417

418 Means of mass communication such as radio and television were preferred as source of
419 entertainment and for finding out about news. However, these could also be used to promote the
420 use of technologies appropriate for each group of farmers or to encourage participation in
421 governmental programs aimed at the agrolivestock sector. Turner *et al.* (2017) found that small-
422 scale farmers are capable of adapting to new circumstances through exploring and creating new
423 alternatives (Evans *et al.*, 2017).

424

425 CONCLUSIONS

426 The small-scale dairy production systems analyzed herein were found to vary widely with respect
427 to the use of agricultural and livestock technologies, farm characteristics, communication of
428 information, and use of ITCs. Specifically, four groups of farmers were identified, so different

429 outreach approaches should be implemented to take into account their preferences, including those
430 technologies considered most important. At the same time, the technologies that are promoted
431 should be adequate and realistic given farmers' characteristics. For example, the farmers of all four
432 groups were more accepting of feeding technologies, whereas those in Groups 3 and 4 were
433 reluctant to use management technologies. Therefore, the characterization of farmers might can be
434 viewed as tool for better understanding them and designing strategies for future interventions.

435 Also, while the use of technology was generally low, it was found that the small-scale dairy farmers
436 have begun to incorporate ITCs into their daily routines, mainly the youngest farmers, such as those
437 of Group 2. The use of mobile phones, especially to make calls, is considered by farmers to
438 facilitate the communication of information, areas of interest, and interaction with other farmers.

439 On the other hand, the ITCs that depend on the internet are little important and not used by the
440 majority of farmers in the four groups since they are more expensive and require knowledge to use.

441 For this reason, it is suggested that extension policies for the region follow two routes: First, the
442 gap in digital knowledge should be eliminated through training seminars as well as appropriate
443 follow-up that educate on the use of ITCs, placing emphasis on adult farmers and indirect users
444 (Groups 1 and 4). Second, the use of agrolivestock technologies should be promoted through
445 infographics disseminated through digital media such as text messages or mobile phones,
446 WhatsApp, and social networks. It must be taken into account that the four groups have specific
447 interests in regard to dairy production, so attention should also be placed on these specific areas.

448 Finally, more in-depth research studies should be carried out on the processes through which ITCs
449 are appropriated by farmers as means or tools for dairy production given the large gaps in
450 knowledge on this topic.

451

452 *Acknowledgements.* The authors thank the farmers who participated in the study for their hospitality
453 and full support. The work was made possible by funding from the *Consejo Nacional de Ciencia y*
454 *Tecnología-CONACYT* (grant no. PN-2016-1-2323) and a postgraduate grant given to the first
455 author, Juan de Dios García Villegas. The authors also express their gratitude to the Universidad
456 Autónoma del Estado de México for supporting their field work.

457

458

REFERENCES

459

- 460 Autry, A.J. & Berge, Z. (2011). Digital natives and digital immigrants: getting to know each other.
461 *Industrial and Commercial Training* 43: 460-466.
462 <https://doi.org/10.1108/00197851111171890>
- 463 Bonke, V., Fecke, W., Michels, M. & Musshoff, O. (2018). Willingness to pay for smartphone
464 apps facilitating sustainable crop protection. *Agronomy for Sustainable Development* 38:51.
465 <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0532-4>
- 466 Borchers, M. R. & Bewley, J. M. (2015). An assessment of farmer precision dairy farming
467 technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal Dairy Science*
468 98:4198–4205. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8963>
- 469 Bramley, R.G.V., & Ouzman, J. (2019). Farmer attitudes to the use of sensors and automation in
470 fertilizer decision-making: nitrogen fertilization in the Australian grains sector. *Precision*
471 *Agriculture* 20:157–175. <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9589-y>
- 472 Broman, K.W., & Woo, K.H. (2018). Data Organization in Spreadsheets. *The American*
473 *Statistician* 72: 2-10. <http://dx.doi.org/10.1080/00031305.2017.1375989>

- 474 Crespo, J., Réquier-Desjardins, D., & Vicente, J. (2014). Why can collective actions fail in Local
475 Agri-food Systems? A social network analysis of cheese farmers in Aculco, Mexico. *Food*
476 *Policy*, 46:165-177.
- 477 Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda Martínez, T. & Arriaga-
478 Jordan, C.M. (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical,
479 economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*. 43: 241–
480 256.
- 481 Evans, K.J., Terhorst, A. & Kang, B.H. (2017). From Data to Decisions: Helping Crop Farmers
482 Build Their Actionable Knowledge. *Critical Reviews in Plant Sciences* 36 (2):71-88.
483 <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1336047>
- 484 FAO (2013). *Organic supply chains for small farmer income generation in developing countries-*
485 *Case studies in India, Thailand, Brazil, Hungary and Africa*. Rome: Food and Agriculture
486 Organization of the United Nations (FAO).
- 487 FAO (2019). Portal lácteo. Available in: [http://www.fao.org/dairy-](http://www.fao.org/dairy-productionproducts/socioeconomics/social-and-gender-issues/es/)
488 [productionproducts/socioeconomics/social-and-gender-issues/es/](http://www.fao.org/dairy-productionproducts/socioeconomics/social-and-gender-issues/es/). (Accesed: 21/02/2019)
- 489 Field, A., 2013. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. Great Britain: SAGE
490 Publications.
- 491 Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M. & Sarstedt, M. (2014). *A Premier on Partial Least Squares*
492 *Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Great Britain: SAGE Publications.
- 493 Juárez-Morales, M., Arriaga-Jordán, C.M., Sánchez-Vera, E., García-Villegas, J.D., Rayas-Amor,
494 AA, Reman, T., Dorward, P. & Martínez-García, C.G. (2017). Factors influencing the use of
495 cultivated grassland for small- scale dairy production in the Central Highlands of Mexico.
496 *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8: 317-324.
- 497 Kuivanen, K.S., Alvarez, S., Michalscheck, M., Adjei-Nsiah, S., Descheemaeker, K., Mellon-Bedi,

498 S. & Groot, J.C.J (2016). Characterising the diversity of smallholder farming systems and
 499 their constraints and opportunities for innovation: A case study from the Northern Region,
 500 Ghana. *NJAS - Wageningen Journal Life Science* 78: 153-166.

501 Kumar, R. (2014). *Research methodology: a step-by-step guide for beginners*. Fourth edition. Great
 502 Britain: SAGE Publications.

503 Lee, B.M., & Abbott, E. (2011). Mobile Phones and Rural Livelihoods: Diffusion, Uses, and
 504 Perceived Impacts Among Farmers in Rural Uganda. *Information Technologies and
 505 International Development* 7(4): 17-34.

506 Lima, E., Hopkins, T., Gurney, E., Shortall, Lovatt, L., Davies, P., Williamson, G. & Kaler, J.
 507 (2018). Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated
 508 with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in
 509 England and Wales. *PLoS ONE* 13(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190489>

510 Loera, J. & Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche
 511 y abasto del mercado interno. *Revista de investigaciones Altoandinas* 19 (4).
 512 <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317>

513 Makate, C. & Mango, N. (2017). Diversity amongst farm households and achievements from
 514 multi-stakeholder innovation platform approach: Lessons from Balaka Malawi. *Agriculture
 515 and Food Security* 6 (37). <http://dx.doi.org/10.1186/s40066-017-0115-7>

516 Makate, C., Makate, M. & Mango, N. (2018). Farm household typology and adoption of climate-
 517 smart agriculture practices in smallholder farming systems of southern Africa, *African
 518 Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 10 (4): 421-439
 519 <https://doi.org/10.1080/20421338.2018.1471027>

520 Manly, B.F.J., & Navarro, A.J.A. (2017). *Multivariate statistical methods: A primer*. 4^o ed. USA:
 521 Tylor and Francis Group, Chapman and Hall/CRC.

522 Martínez-García, C.G., Dorward, P. & Rehman, T. (2012). Farm and socioeconomic characteristics
523 of small-holder milk farmers and their influence on the technology adoption in Central
524 Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1199-1211.

525 Martínez- García, C.G., Ugoretz, S.J., Arriaga-Jordán, C.M. & Wattiaux, M.A. (2015a). Farm,
526 household, and farmer characteristics associated with changes in management practices and
527 technology adoption among dairy smallholders. *Tropical Animal Health Production* 47: 311–
528 316.

529 Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A.A., Anaya-Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E.,
530 Espinoza-Ortega, A., Prospero-Bernal, F. & Arriaga-Jordán, C.M., (2015b). Performance
531 of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under
532 traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production* 47: 331-337.

533 Martínez-García, C.G., Arriaga-Jordán, C.M., Dorward, P, Rehman, T. & Rayas-Amor, A.A.,
534 (2018). Using a socio-psychological model to identify and understand factors influencing
535 the use and adoption of a successful innovation by small-scale dairy farmers of central
536 Mexico. *Experimental Agriculture* 54: 142-159.

537 Michels, M., Bonke, V. & Musshoff, O. (2019). Understanding the adoption of smartphone apps
538 in dairy herd management. *Journal of Dairy Science* 102 (10).
539 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>

540 Palela, S.S. & Martins, P.F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra Ed. Caracas:
541 FEDUPEL.

542 Plata-Reyes, D.A., Morales-Almaraz, E., Martínez-García, C.G., Flores-Calvete, G., López-
543 González , F., Prospero-Bernal, F., Valdez-Ruiz, C.L., Zamora-Juárez, Y.J. & Arriaga-
544 Jordán, C.M. (2018). Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass
545 species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of

- 546 Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 50: 1797–1805.
- 547 Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López-González, F. & Arriaga-
548 Jordán, C. M. (2017). Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of
549 small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and*
550 *Production* 49: 1537-1544.
- 551 Rathod, P., Chander, M., & Bangar, Y. (2016). Use of mobiles in dairying for information
552 dissemination: A multi-stakeholder analysis in India. *Indian Journal of Animal Sciences* 86
553 (3): 348–354.
- 554 Schaak, H. & Mubhoff, O. (2018). Understanding the adoption of grazing practices in German
555 dairy farming. *Agricultural Systems* 165: 230-239.
- 556 SECTUR (2019). Pueblos Mágicos de México. Available in: <http://www.pueblosmexico.com.mx/>.
557 (Accessed: 21/02/2019)
- 558 SIAP- SAGARPA (2014). Producción nacional, estatal y municipal de leche de bovino. Available
559 in: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-municipal-pecuario/>. (Accessed:
560 20/04/2019)
- 561 Shalloo, L., O'Donovan, M., Leso, L., Werner, J., Ruelle, E., Geoghe-Gan, A., Delaby, N. &
562 O'leary, N. (2018). Grass-based dairy systems, data and precision technologies. *Animal* 12
563 (2): 262–271. <https://doi.org/10.1017/S175173111800246X>.
- 564 Turner, A.J., Klerkx, L., White, T., Nelson, T., Everett-Hincks, J., Mackay A. & Botha N. (2017).
565 Unpacking systemic innovation capacity as strategic ambidexterity: How projects
566 dynamically configure capabilities for agricultural innovation. *Land use Policy* 68: 503–523.
567 <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.054>
- 568 Vogt, W.P., & Johnson, B.R. (2016). *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical*
569 *guide for the social sciences*. 5th ed. United States of America: SAGE Publications.

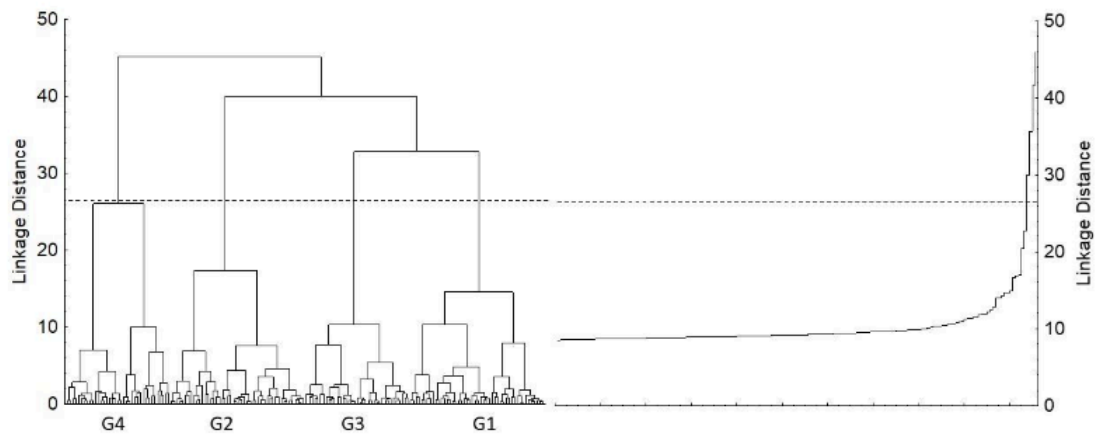


Figure 1. Dendrogram (left) and plot of linkage distances (right)

Table 1. Types of technology considered as cumulative variables.

Type of technology	Technologies in each group
Management technologies	SINIIGA tagging ¹ , dehorning, milking parlor, cooling tank, records of production per cow, estrous cycles, services, births, and health.
Feeding technologies	Corn straw, hay, maize silage, pastures for cutting, pastures for grazing, and commercial feed.
Health and reproduction technologies	Vaccination, deparasitization, campaign against tuberculosis and brucellosis, udder washing, mastitis diagnosis, sealing, ectoparasiticides, and artificial insemination.
Agricultural technologies	Tractor, plowing, landscape rake, sower, forager, harvester, hammer mill, chopper, improved seeds, chemical fertilizer, and organic fertilizer.
Complementary technologies	Production of hay, production of silage, use of temporary pastures, use of irrigated pastures, and electric fences.
Infrastructure	Stable, storage area for silage, shed for machinery, hutches, and warehouse.
Information and communication technologies (ITCs)	Mobile phone, messages (SMS), television, WhatsApp, radio, internet, landline, Facebook, computer, and e-mail.

¹In Mexico, the Program for Sustainable Livestock Production and Livestock and Apicultural Planning (*Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola* [PROGAN]) has the objective of promoting the production and adoption of agrolivestock technologies. As part of these actions, animals are identified (SIINIGA tag) and, in compliance with the official health and management regulations, are vaccinated against Brucella and tuberculosis.

Table 2. Results of the factor analysis.

Analyzed variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Communality
Use of technologies					
Management technologies	0.626	0.283	0.305	-0.066	0.569
Feeding technologies	0.883	0.163	0.057	0.124	0.825
Health and reproduction technologies	0.828	0.119	0.062	0.044	0.706
Agricultural technologies	0.840	0.010	0.209	-0.023	0.750
Complementary technologies	0.848	0.186	0.068	-0.070	0.763
Farm characteristics					
Milk sales per day	0.149	0.931	0.171	-0.068	0.923
Income per day	0.150	0.935	0.178	-0.067	0.933
Herd size	0.186	0.853	0.135	-0.109	0.792
Infrastructure level	0.124	0.577	-0.278	0.360	0.554
Communication of information					
Areas of interest for farmers	0.093	0.049	0.776	-0.086	0.620
Means of communication	0.244	0.209	0.622	0.071	0.500
Use of ITCs¹					
Farmer experience	0.165	0.085	0.243	-0.725	0.619
Use of ITCs ¹	0.219	-0.020	0.373	0.695	0.670
Explained variance	27.08	23.16	11.47	9.22	

Extraction method: principal component analysis; Rotation method: Varimax with Kaiser normalization. ¹ITCs=information and communication technologies.

Table 3. Characteristics of the groups obtained in the hierarchical grouping.

Analyzed variables	Group 1 (n=48)		Group 2 (n=48)		Group 3 (n=37)		Group 4 (n=37)		P ⁵
	Median	IQR ⁴	Median	IQR ⁴	Median	IQR ⁴	Median	IQR ⁴	
Use of technologies									
Management technologies	4.0 ^a	4.0	3.0 ^a	3.0	2.0 ^b	2.5	1.0 ^b	3.5	<0.001
Feeding technologies	5.0 ^b	2.0	5.0 ^b	2.5	4.0 ^a	2.0	3.0 ^a	3.5	<0.001
Health and reproduction technologies	6.0 ^b	3.0	6.0 ^b	3.5	6.0 ^b	3.0	4.0 ^a	6.0	<0.001
Agricultural technologies	11.0 ^b	5.0	10.0 ^b	4.7	4.0 ^a	8.5	3.0 ^a	9.5	<0.001
Complementary technologies	2.0 ^b	1.0	2.0 ^b	2.0	1.0 ^a	2.0	2.0 ^b	1.0	<0.001
Farm characteristics									
Milk sales per day	90.0 ^a	82.0	50.0 ^b	71.8	48.0 ^b	45.0	100.0 ^a	96.0	<0.002
Income per day (USD) ¹	26.8 ^a	28.6	15.0 ^b	17.0	13.3.0 ^b	12.5	30.3 ^a	47.9	<0.002
Herd size	16.0 ^a	18.0	10.0 ^b	11.0	10.0 ^b	8.5	13.0 ^{ab}	16.0	<0.001
Infrastructure level	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.5	2.0	2.5	0.211
Communication of information									
Areas of interest for farmers	8.0 ^a	4.0	8.0 ^a	6.0	5.0 ^b	7.0	7.0 ^b	7.0	<0.039
Means of communication ²	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	---
Use of ITCs									
Farmer experience	40.0 ^c	20.0	21.0 ^a	28.0	20.0 ^a	20.0	29.0 ^b	27.0	<0.001
Use of ITCs ³	1.0 ^a	2.0	4.0 ^b	4.0	1.0 ^a	3.0	1.0 ^a	2.0	<0.001

¹1 USD=19.45 MXN on average during the study period. ²means of communication, 1=personal and 2=mobile phone. ³ITCs=information and communication technologies. ⁴IQR=interquartile range. ⁵P value of the Kruskal-Wallis test. ^{a,b,c}Different superscripts indicate differences between pairs according to the pairwise comparison test ($P<0.05$).

Table 4. Perception of farmers of the importance of use of each group of technologies.

Group of technologies	Group 1 (n=48)		Group 2 (n=48)		Group 3 (n=37)		Group 4 (n=37)		P ²
	Median	RIC ¹	Median	RIC ¹	Median	RIC ¹	Median	RIC ¹	
Management technologies	2.0 ^b	4.0	1.0 ^a	3.0	1.0 ^a	2.0	1.0 ^a	2.0	<0.001
Feeding technologies	5.0 ^b	4.0	4.0 ^b	4.0	3.0 ^a	4.0	3.0 ^a	4.0	<0.001
Health and reproduction technologies	3.0 ^b	4.0	4.0 ^b	4.0	2.0 ^a	4.0	2.0 ^a	3.0	<0.001
Agricultural technologies	5.0 ^b	4.0	5.0 ^b	4.0	2.0 ^a	3.0	2.0 ^a	2.0	<0.001
Complementary technologies	3.0 ^b	4.0	3.0 ^b	3.0	2.0 ^a	2.0	2.0 ^a	2.0	<0.001
Information and communication technologies (ITCs)	1.0 ^a	0.0	2.0 ^b	2.0	1.0 ^a	0.0	1.0 ^a	0.0	<0.001

Degree of importance: 1=not important, 2=little important, 3=important, 4=fairly important, 5=very important. ¹IQR=interquartile range.

²P value of the Kruskal-Wallis test. ^{a, b, c} Different superscripts indicate differences between groups in the pairwise comparison test (P<0.05).

Table 5. Use of the ITCs by small-scale dairy farmers.

ITCs ¹	Group 1 (n=48)	Group 2 (n=48)	Group 3 (n=37)	Group 4 (n=37)	<i>P</i> ²
	% Farmers	% Farmers	% Farmers	% Farmers	
Mobile phone: Calls	40.0 ^a	71.0 ^b	59.0 ^a	38.0 ^a	<0.089
Mobile phone: Messages (SMS)	25.0 ^a	50.0 ^b	35.0 ^a	38.0 ^a	<0.093
Television	33.0	35.0	30.0	22.0	0.547
WhatsApp	10.0	29.0	19.0	22.0	0.152
Radio	17.0	19.0	16.0	13.0	0.899
Internet	6.0	17.0	5.0	8.0	0.260
Landline	2.0 ^b	10.0 ^c	5.0 ^b	0.0 ^a	<0.085
Facebook	2.0	10.0	3.0	8.0	0.289
Computer	4.0	6.0	3.0	3.0	0.848
E-mail	2.0	6.0	0.0	3.0	0.451

¹ITCs=Information and communication technologies, ²*P* value resulting from the chi-squared test (*P*<0.10). Different superscripts between percentages (a, b, and c) indicate differences among groups according to the z test with a Bonferroni correction (*P*<0.10).

Table 6. Perception of the importance of use of ITCs.

TIC's ¹	Group 1 (n=48)		Group 2 (n=48)		Group 3 (n=37)		Group 4 (n=37)		P ³
	Median	IQR ²	Median	IQR ²	Median	IQR ²	Median	IQR ²	
Mobile phone: Calls	3.0 ^{ab}	3.0	4.0 ^b	3.0	3.0 ^{ab}	3.0	2.0 ^a	2.0	<0.018
Mobile phone: Messages (SMS)	2.0 ^a	1.0	4.0 ^b	2.0	2.0 ^a	1.0	2.0 ^a	1.0	<0.015
Television	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.128
WhatsApp	2.0 ^b	2.0	3.0 ^a	2.0	2.0 ^b	1.0	2.0 ^b	1.0	<0.037
Radio	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.621
Internet	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.610
Landline	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.934
Facebook	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.356
Computer	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.233
E-mail	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.144

¹ITCs=information and communication technologies. Degree of importance: 1=not important, 2=little important, 3=important, 4=fairly important, 5=very important. ²IQR=interquartile range. ³P value of the Kruskal-Wallis test. ^{a, b} Different superscripts indicate differences between groups according to the pairwise comparison test ($P<0.05$).

Table 7. Communication of information through ITCs.

Themes and ITCs	Group 1 (n=48) % Farmers	Group 2 (n=48) % Farmers	Group 3 (n=37) % Farmers	Group 4 (n=37) % Farmers	P
Communication with other farmers					
Mobile phone: Calls	48 ^b	60 ^b	30 ^a	30 ^a	<0.009
Messages (SMS)	27 ^a	36 ^a	9 ^b	16 ^b	<0.009
Animal production					
Mobile phone: Calls	31 ^a	27 ^a	3 ^c	11 ^b	<0.002
Messages (SMS)	15 ^a	23 ^a	3 ^b	8 ^b	<0.012
Governmental services					
Mobile phone: Calls	38 ^a	25 ^a	6 ^c	14 ^b	<0.002
Messages (SMS)	17 ^a	11 ^a	3 ^b	8 ^{ab}	<0.074
Institutional services					
Mobile phone: Calls	29 ^a	23 ^a	3 ^c	14 ^b	<0.011
Messages (SMS)	19 ^a	13 ^a	3 ^b	8 ^b	<0.042
Veterinary services					
Mobile phone: Calls	54 ^a	71 ^b	41 ^a	24 ^c	<0.001
Messages (SMS)	21 ^a	31 ^a	5 ^b	14 ^{ab}	<0.018
Market prices					
Mobile phone: Calls	31 ^a	23 ^a	8 ^b	16 ^b	<0.025
Messages (SMS)	17 ^a	15 ^a	3 ^b	11 ^a	<0.083
Purchase and sale of products					
Celullar phone: Calls	35 ^a	31 ^a	8 ^b	16 ^b	<0.011
Messages (SMS)	19 ^a	17 ^a	3 ^b	11 ^{ab}	<0.076
News					
Television	69 ^{ab}	81 ^b	52 ^{ac}	35 ^c	<0.001
Radio	48 ^a	56 ^a	35 ^{ab}	24 ^b	<0.018

¹ITCs=information and communication technologies, ²P value resulting from the chi-squared test ($P<0.10$). Different superscripts between percentages (a, b, and c) indicate differences between groups according to the z test with the Bonferroni correction ($P<0.10$).

**FACTORS INFLUENCING THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICT) BY
SMALL-SCALE DAIRY FARMERS
[FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) POR
PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA]**

Juan de Dios García-Villegas¹, Carlos Manuel Arriaga-Jordán¹, Anastasio García-Martínez², Adolfo Armando Rayas-Amor³ y Carlos Galdino Martínez-García^{1*}

¹*Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM),
Campus el Cerrillo. El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México. Email.
cgmartinezq@uaemex.mx*

²*Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México, México. Km. 67.5
Carretera Toluca-Tejupilco, Barrio de Santiago, Temascaltepec de González. Estado de México. C. P. 51300.*

³*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, División de Ciencias Biológicas y de la Salud,
Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. Hidalgo poniente No. 46 Colonia la Estación, 52006. Lerma
de Villada, Estado de México, México.*

*Corresponding author

SUMMARY

Objective. The aims of the research were i) to identify the importance of using Information and Communication Technologies (ICT) by small-scale dairy farmers, ii) to identify the information that farmers receive and communicate through the ICT and iii) to identify variables influencing farmers' decisions to use ICT on their farm. **Methodology.** A questionnaire was conducted with 170 farmers, to collect information about farmers' characteristics, household, farm characteristics, the importance of the ICT, information that farmers receive and communicate through the ICT. Descriptive statistics and binary logistic regression analysis were conducted to analyse the information. **Results.** Farmers considered the mobile phone as fairly important, since it allowed farmers to communicate and disseminate information related to their farm through calls, messages (SMS) and WhatsApp messages. The main themes that were communicated were: veterinary services, communication between farmers (meetings, water supply to irrigate grasslands and problems on the farm), buying and selling products and government services. The variables that describe farmers' characteristics, household and farmers' perception of the importance of the ICT, showed a significant association ($P < 0.05$) with their use. **Implications.** The understanding of the importance of the ICT use, on the small-scale dairy farms context was the main contribution of the research; in addition, some suggestions of communication and dissemination of information have been made to test in the field. **Conclusions.** The ICT were considered to be important for the fast way to communicate and disseminate information between farmers. The variables that describe farmers' characteristics and household were associated with the use of the ICT.

Key words: Small-scale dairy farmers; Information and communication technologies; household; logistic regression.

RESUMEN

Objetivo. Los objetivos del estudio fueron i) identificar la importancia del uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para los productores de leche en pequeña escala, ii) identificar la información que reciben y comunican los productores a través de las TIC, e iii) identificar variables que influyen en la decisión de los productores para usar TIC, en su unidad de producción. **Metodología.** Se aplicó un cuestionario a 170 productores de leche para coleccionar información relacionada con las características del productor, unidad familiar, unidad de producción, importancia de las TIC, información que comunican y reciben los productores a través del uso de las TIC. El análisis de la información se realizó a través de estadística descriptiva y regresión logística binaria. **Resultados.** El teléfono móvil fue considerado por los productores como bastante importante, ya que les permitió la comunicación y difusión de información relacionada con su unidad de producción a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp. Los temas que principalmente se comunicaron fueron: servicios veterinarios, comunicación entre productores (reuniones, servicio de agua para riego de praderas y problemas de su unidad de producción), compra y venta de productos y servicios de

gobierno. Las variables que describen las características del productor, unidad familiar y la percepción del productor sobre importancia de las TIC, mostraron una asociación significativa ($P < 0.05$) con su uso. **Implicaciones.** La investigación contribuyó al entendimiento de la importancia del uso de las TIC en un contexto de producción de leche en pequeña escala, destacando algunas propuestas de comunicación y difusión de información que podrían ser probadas en el campo. **Conclusiones.** Los TIC fueron consideradas importantes para la comunicación y difusión de información de forma rápida entre productores. Las variables que describen al productor y unidad familiar estuvieron asociadas con el uso de las TIC.

Palabras clave: Pequeños productores de leche; Tecnologías de información y comunicación; Unidad familiar; Regresión logística.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala son considerados como una fuente de empleo de tiempo completo y la producción de leche es la principal fuente de ingresos de las unidades familiares (Martínez-García *et al.*, 2012). Así mismo son considerados como una opción de desarrollo rural (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007); sin embargo, una de las problemáticas que presentan, es la baja adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Martínez-García *et al.*, 2015), la cual puede ser atribuida a las características del productor, unidad de producción, falta de apoyos gubernamentales, falta de recursos económicos y falta de conocimiento para su uso (Martínez-García *et al.*, 2016), así como falta de servicios de extensión y a la falta de comunicación y difusión de información hacia los productores (Martínez-García *et al.*, 2012; Rathod *et al.*, 2016).

Existen diferentes medios y métodos que permiten la comunicación y difusión de información hacia los productores (Rathod *et al.*, 2016). Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), que son aparatos e infraestructura que facilita la transferencia de información a través de medios digitales (Zuppo, 2012), tales como las páginas de internet, audios, videos, mensajes de texto y teléfonos móviles cuentan con el potencial, para que los productores puedan tener acceso a información, que les permita mejorar la producción agrícola y pecuaria (Rathod *et al.*, 2016). Dentro de las TIC con mayor aceptación, se encuentran los teléfonos móviles, ya que han sido adoptados en la mayor parte del mundo, por la facilidad y rapidez de comunicación entre productores y sus comunidades (Shaffril *et al.*, 2009).

En países desarrollados, el teléfono móvil, a través del uso de aplicaciones permiten el manejo de cultivos (Bonke *et al.*, 2018) y hatos lecheros (Michels *et al.*, 2019). En México, de acuerdo con la Encuesta Nacional sobre la Disponibilidad y Uso de Tecnología de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2019), el porcentaje de usuarios de teléfono móvil en la zona rural corresponde a un 59%, lo que representa a 15 millones de usuarios (INEGI, 2020). De igual forma, en países en desarrollo, el uso de las TIC en el medio rural es una tecnología que apenas empieza a surgir, tal es el caso de los teléfonos móviles en sistemas de producción de leche (Rathod *et al.*, 2016).

Los estudios de adopción de tecnologías (Juárez-Morales *et al.*, 2017; Martínez-García *et al.*, 2016; Schaak y Mubhoff, 2018) indican que la percepción del productor sobre la importancia de la tecnología juega un papel importante para su uso y adopción. Así mismo, el análisis de regresión logística, ha sido utilizado en diversos estudios para identificar variables que describen al productor y a la unidad de producción en la adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Bernués and Herrero, 2008; Lima *et al.*, 2018; Martínez-García *et al.*, 2016), adopción de prácticas de conservación de suelo y agua (Asfaw y Neka, 2018), adopción de semillas mejoradas, fertilizantes y tecnologías de manejo de recursos naturales (Wainaina *et al.*, 2016), así como en la adopción de prácticas de intensificación sostenible (Kassie *et al.*, 2015). Sin embargo, es necesario realizar estudios que permitan entender los factores que intervienen en el uso de las TIC por productores de leche en pequeña escala. Por lo cual, surgen las siguientes tres preguntas: ¿Cuál es la importancia del uso de las TIC, para los productores de leche en pequeña escala? ¿Cuál es la información que comunican y reciben los productores de leche en pequeña escala a través de las TIC? ¿Cuáles son las variables que influyen en el uso de TIC por productores de leche en pequeña escala? Por lo tanto, los objetivos del trabajo fueron i) identificar la

importancia del uso de las TIC por los productores de leche en pequeña escala, ii) identificar la información que reciben y comunican los productores con el uso de las TIC, e iii) identificar variables que influyen en la decisión de los productores para usar TIC, en su unidad de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estudio se realizó en el Municipio de Aculco, localizado en el noroeste del Estado de México, entre las coordenadas 20° 06' y 20° 17' N y 99° 40' y 100° 00' W, con una altitud media de 2440, un clima subhúmedo templado y una estación de lluvias de mayo a octubre (Celis *et al.*, 2016). Aculco se ha caracterizado por la producción de leche y la presencia de agroindustrias rurales para el procesamiento de lácteos (Crespo *et al.*, 2014). Aculco ha desarrollado un fuerte trinomio económico entre productores de leche, recolectores y transformadores de leche cruda, quienes elaboran quesos para comercializarlos en mercados informales locales y ciudades cercanas (Crespo *et al.*, 2014; Hidalgo-Milpa *et al.*, 2015). Así la producción de leche y queso juega un papel importante en el área de estudio.

Identificación de productores y colecta de datos

A partir de un muestreo no probabilístico de bola de nieve (Vogth y Johnson, 2016), 170 productores de leche en pequeña escala de 19 comunidades del municipio de Aculco fueron seleccionados. La muestra representa el 19% de las unidades de producción del área de estudio. Casián y Castillo (1987) indican que estudios realizados en comunidades rurales, el tamaño de muestra debe considerar al menos del 5 al 10% del total de la población. Los productores se caracterizan por contar con un tamaño de hato de 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Juárez- Morales *et al.*, 2017). La información se colectó a través de un cuestionario estructurado, durante los meses de agosto a diciembre de 2018. El cuestionario colectó información referente a las características del productor, unidad familiar, características de la unidad de producción, uso de tecnologías agrícolas y pecuarias; así como la importancia de las tecnologías de información y comunicación (TIC) tales como: teléfono móvil, mensaje (SMS), WhatsApp, televisión y radio. El cuestionario también colectó temas que los productores comunican a través de uso de las TIC, como: servicios veterinarios, comunicación con otros productores, compra y venta de productos, apoyos de gobierno, precio del mercado, producción animal, servicios institucionales y noticias.

Análisis de datos

La base de datos se arregló y organizó como es sugerido por Broman y Woo (2018). Posteriormente se realizó un análisis exploratorio de datos para identificar datos perdidos y atípicos (Field, 2013). Para describir las características generales de los productores participantes y sus unidades de producción, se utilizó estadística descriptiva (Martínez-García *et al.*, 2016).

Percepción de la importancia del uso de las TIC

La percepción de los productores sobre la importancia del uso de las TIC en su unidad de producción se midió a través de una escala de tipo Likert de cinco puntos (1=nada importante a 5=muy importante), realizando la pregunta ¿qué tan importante es para usted el uso de.... en su unidad de producción?, como es sugerido por Martínez-García *et al.* (2015). Para analizar las respuestas, se dividió la muestra en usuarios y no usuarios de las TIC y se utilizó la media y desviación estándar como medida de centralidad (Field, 2013).

Temas de comunicación y obtención de información a partir del uso de las TIC

Para identificar las tecnologías de información y comunicación (TIC) de mayor uso por los productores, para la comunicación de los temas considerados en el estudio (servicios veterinarios, comunicación con otros productores, compra y venta de productos, apoyos de gobierno, precio del mercado, producción animal,

servicios institucionales y noticias), se realizó un análisis de frecuencias (Field, 2013), donde solo fueron considerados los productores del grupo de productores que hacen uso de las TIC.

Identificación de variables que influyen en el uso de las TIC

Para identificar las variables que influyen en el uso de las cinco TIC (teléfono móvil, mensaje (SMS), WhatsApp, televisión y radio), se realizó un análisis de regresión logística binaria (Field, 2013; Martínez-García et al., 2016; Asfaw y Neka, 2017), la cual es una forma especial de regresión múltiple, donde la variable dependiente es no métrica y dicotómica, y las variables predictivas son continuas y categóricas (Field, 2013; Hair *et al.*, 2014). La identificación de las variables se realizó con el siguiente modelo.

$$P(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n,$$

Donde:

$P(Y)$ es la probabilidad de que ocurra el evento (Y)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son parámetros desconocidos.

X_1, X_2, \dots, X_n son variables explicativas.

En el modelo, el uso de cada una de las cinco TIC fue tratada como variables binarias, por lo tanto, la respuesta binaria de la variable (Y) fue: $Y = 0$, no uso de la TIC y $Y = 1$, uso de la TIC. Las variables explicativas fueron seleccionadas de estudios previos sobre factores que influyen en el uso tecnológico (Bernués y Herrero, 2008; Martínez-García *et al.*, 2016; Asfaw y Neka, 2017). Así, un conjunto de 16 variables fueron seleccionadas tales como: edad del productor, escolaridad del productor, experiencia del productor, miembros de la familia, mano de obra familiar, tamaño de hato, producción de leche por vaca por día, producción de leche por hato al día, ingreso por venta de leche al día, total de hectáreas, total de tecnologías de alimentación, total de tecnologías de sanidad y reproducción, total de tecnologías agrícolas, total de tecnologías de manejo, nivel de infraestructura e importancia de cada TIC.

Para la adecuación del tamaño de muestra, Tabachnich y Fidel (2012) indican que cada variable que se inserte al modelo debe de contar con 10 observaciones, y contar con un mínimo de muestra de 100. Sin embargo, Hair *et al.* (2014) recomiendan que deben de ser cinco observaciones por cada variable explicativa que se considere en el modelo. Por lo tanto, el trabajo cumple con el tamaño de muestra requerido para las 16 variables explicativas seleccionadas. Para la integración de las variables predictivas al modelo se considero, el método de pasos hacia atrás (Field, 2013). Para la interpretación de los resultados del análisis de regresión logística se utilizó el valor del Exp b , como es sugerido por (Field, 2013). Para evaluar el ajuste del modelo, se consideraron las de R^2 de Cox y Snell, Nagelkerker y Hosmer y Lemeshow como es recomendado por Hair *et al.* (2014). El análisis de la información se realizó con el software SPSS versión 22.

RESULTADOS

Características generales de los productores y su unidad de producción

Los productores participantes tienen 52 años en promedio con estudios de primaria terminada (34%), estudios de secundaria terminada (36%), preparatoria (3%), universidad (3%); sin embargo; el 6% no cuenta con estudios. El tamaño de la familia es de cinco integrantes, de los cuales dos contribuyen a las labores de la unidad de producción. Así las actividades son principalmente realizadas por los miembros de la familia. Los productores cuentan con 30 años de experiencia en la producción de leche.

Las unidades de producción cuentan con cinco hectáreas en promedio, y un tamaño de hato de 15 vacas, de las cuales siete vacas en promedio se encuentran en producción, con 13 litros en promedio diarios. La mayoría de los productores (83%) ordeñan de forma manual, y el resto (17%) de forma mecánica. En la unidad de producción existe infraestructura básica, como corrales, bebederos y bodega. El 40% de los insumos destinados a la alimentación de las vacas se produce en la granja, mientras que el 60% son insumos externos, principalmente concentrados comerciales.

Los productores en promedio usan en su unidad de producción, tres tecnologías de manejo (descorne, 77% de los productores, registro de celo y servicio, 52% y registro de partos, 45%), cuatro tecnologías de alimentación (concentrado comercial, 82%, pradera de corte, 70%, ensilado de maíz, 43% y pradera para pastoreo, 34%), cinco tecnologías de sanidad y reproducción (desparasitación, 84%, inseminación artificial, 68%, campaña contra brúcela y tuberculosis, 52%, lavado de ubre, 52% y diagnóstico de mastitis, 19%) y seis tecnologías agrícolas (fertilizante químico, 69%, tractor, 67%, sembradora 57%, molino de martillos, 44%, ensiladora, 37% y empacadora, 32%).

Percepción de la importancia del uso de las TIC

En la Tabla 1, se observa que la TIC de mayor uso por los productores de leche en pequeña escala fue el teléfono móvil, indicando que es bastante importante, ya que ahorra tiempo, permite la comunicación de forma rápida y eficiente con otros productores, a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes por WhatsApp. Sin embargo, el uso de WhatsApp fue considerado como poco importante, ya que manifestaron los productores que requiere del uso de internet. Por otro lado, los productores que no usan el teléfono móvil para realizar llamadas, mensajes (SMS) y mensajes por WhatsApp, consideran que son poco importantes, a pesar de que tienen acceso de forma indirecta a partir de conocidos o familiares cercanos.

Los productores han usado la televisión por varios años; sin embargo, fue considerada como poco importante, ya que solo la utilizan para diversión, entretenimiento y enterarse de las noticias. La radio fue la TIC con más años de uso entre los productores de leche en pequeña escala, y fue considerada como bastante importante ya que es utilizado para escuchar música y noticias mientras trabaja. La televisión y la radio presentaron baja proporción de productores que usan estas tecnologías.

Tabla 1. Usuarios, no usuarios e importancia de las TIC (n=170).

TIC ¹	Usuarios % de productores	Años de uso Media (DE ²)	Importancia Media (DE ²)	No usuarios % de productores	Importancia Media (DE ²)
Teléfono móvil	54.0	8.7 (2.3)	3.7 (1.3)	46.0	2.4 (1.7)
¹ TM: Llamada	54.0	8.7 (2.3)	3.7 (1.3)	46.0	2.4 (1.7)
¹ TM: Mensaje (SMS)	38.0	3.5 (2.6)	3.0 (2.0)	62.0	2.5 (2.0)
¹ TM: WhatsApp	21.0	2.5 (1.5)	2.0 (1.8)	79.0	1.7 (1.4)
Televisión	32.0	14.0 (7.0)	1.2 (0.7)	68.0	1.6 (1.3)
Radio	18.0	18.0 (2.3)	3.7 (1.3)	82.0	3.0 (4.2)

¹TIC: Tecnologías de Información y Comunicación, ²Desviación Estándar, ³TM: Teléfono móvil, %=Porcentaje de productores, Grado de importancia: 1=Nada importante, 2=Poco importante, 3=Importante, 4=Bastante importante, 5=Muy importante. El porcentaje de productores que usan el teléfono móvil para llamadas, mensajes (SMS) y WhatsApp es mayor a 100, ya que los productores usan más de una opción.

Temas de comunicación y obtención de información a partir del uso de las TIC

La Tabla 2, presenta los temas y las TIC que los productores utilizan para su comunicación y obtención de información. Los resultados indican que siete de los ocho temas considerados en el estudio, fueron comunicados a través del teléfono móvil; siendo las llamadas las de mayor uso por los productores, seguido de mensajes (SMS) y los de menor uso fueron los mensajes de WhatsApp. Los temas que comunican los productores con mayor frecuencia a través del teléfono móvil son: servicios veterinarios y comunicación con otros productores sobre reuniones, servicio de agua para riego de praderas y problemas de sus unidades de producción. Mientras que los temas sobre compra y venta de productos, apoyos de gobierno, precios de mercado, producción animal y servicios institucionales, presentaron un menor porcentaje de comunicación a través del teléfono móvil y sus aplicaciones. En la Tabla 2, también se observa una baja proporción de

productores que utiliza la televisión y la radio, los cuales son utilizados para enterarse de noticias locales, nacionales e internacionales.

Tabla 2. Comunicación y obtención de información a través del uso de TIC (n=170).

Temas y TIC ¹	Usuarios % de Productores	No usuarios % de Productores
Servicios veterinarios		
Teléfono móvil: Llamadas	70.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	30.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	4.0	0.0
Comunicación con otros productores		
Teléfono móvil: Llamadas	64.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	37.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	27.0	0.0
Compra y venta de productos		
Teléfono móvil: Llamadas	35.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	19.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	15.0	0.0
Apoyos de gobierno		
Teléfono móvil: Llamadas	28.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	13.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	3.0	0.0
Precios de mercado		
Teléfono móvil: Llamadas	28.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	17.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	17.0	0.0
Producción animal		
Teléfono móvil: Llamadas	27.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	21.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	18.0	0.0
Servicios institucionales		
Teléfono móvil: Llamadas	26.0	0.0
Teléfono móvil: mensajes (SMS)	15.0	0.0
Teléfono móvil: WhatsApp	3.0	0.0
Noticias		
Televisión	32.0	0.0
Radio	18.0	0.0

¹TIC: Tecnologías de Información y Comunicación. El porcentaje de productores que usan el teléfono móvil para llamadas, mensajes (SMS) y WhatsApp es mayor a 100, ya que los productores usan más de una opción.

Variables que influyen en el uso de las TIC

Los resultados del análisis de regresión logística indican que seis de las 16 variables consideradas en el estudio, presentaron una asociación significativa ($P < 0.05$) en el uso de las TIC, por los productores de leche en pequeña escala (Tabla 3). Las variables fueron: escolaridad del productor, experiencia del productor, miembros de la familia, mano de obra familiar, total de tecnologías de alimentación y la percepción de importancia de las TIC para los productores. Sin embargo, la variable que indica la importancia de las TIC, presentó una asociación significativa ($P < 0.05$) y valor de Exp b más alto, en el uso de las cinco TIC consideradas en el estudio.

El uso de teléfono móvil para realizar llamadas estuvo asociado con las variables que describen a los miembros de la familia, total de tecnologías de alimentación en la unidad de producción y el grado de importancia de la TIC para los productores. Sin embargo, el uso del teléfono móvil para enviar mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, estuvo relacionado con la escolaridad del productor e importancia; así como por miembros de la

familia (mensaje SMS) y experiencia del productor y mano de obra familia (WhatsApp). Es decir, los productores que hacen uso del WhatsApp, son más jóvenes y con una mayor escolaridad. Por otra parte, el uso de la televisión estuvo asociado con las variables miembros de la familia e importancia de la TIC. Para el caso de la radio, la escolaridad del productor y la importancia de la TIC, presentaron una asociación significativa ($P < 0.05$) para su uso.

Tabla 3. Variables que influyen en la adopción de las TIC.

Tipo TIC ¹ y variables	B ³	EE ⁴	P	Exp <i>b</i>	95% IC ⁵ para Exp <i>b</i>	
					Limite inferior	Limite superior
Uso de TM², llamadas^a						
Constante	-7.309	1.551	.000	.001		
Miembros de la familia	.239	.145	.100	1.270	.955	1.688
Tecnologías de alimentación	.560	.213	.008	1.751	1.155	2.656
Importancia del TM ² , llamadas	2.122	.381	.000	8.346	3.357	17.602
Uso de TM², mensajes (SMS)^b						
Constante	-7.924	1.469	.000	.000		
Escolaridad del productor	.320	.106	.002	1.377	1.120	1.694
Miembros de la familia	.386	.148	.009	1.470	1.100	1.965
Importancia TM ² , SMS	1.569	.235	.000	4.801	3.301	7.603
Uso de TM², WhatsApp^c						
Constante	-8.183	2.132	.000	.000		
Escolaridad del productor	.368	.155	.017	1.445	1.067	1.957
Experiencia del productor	-.083	.035	.018	.920	.859	.986
Mano de obra familiar	.855	.396	.031	2.351	1.083	5.108
Importancia de TM ² , WhatsApp	2.153	2.132	.000	8.614	3.624	20.474
Uso de Televisión^d						
Constante	-7.820	1.387	.000	.000		
Miembros de la familia	.328	.137	.016	1.413	1.062	1.726
Importancia del uso, televisión	2.291	.470	.035	1.885	3.933	24.846
Uso de radio^e						
Constante	-7.005	1.272	.000	.001		
Escolaridad del productor	.211	.102	.039	1.235	1.011	1.508
Importancia del uso, radio	2.264	.403	.000	9.625	4.367	21.213

¹TIC = Tecnologías de información y comunicación, ²TM = Teléfono móvil, ³B = Valores de beta, ⁴EE= Error estándar, ⁵CI= intervalo de confianza.

^aNota: $R^2 = 0.59$ (Cox and Snell), 0.78 (Nagelkerke), 0.60 (Hosmer and Lemeshow). Modelo $\chi^2 = 56.93$, $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

^bNota: $R^2 = 0.55$ (Cox and Snell), 0.75 (Nagelkerke), 0.41 (Hosmer and Lemeshow). Modelo $\chi^2 = 46.83$, $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

^cNota: $R^2 = 0.54$ (Cox and Snell), 0.85 (Nagelkerke), 0.87 (Hosmer and Lemeshow). Modelo $\chi^2 = 53.75$, $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

^dNota: $R^2 = 0.37$ (Cox and Snell), 0.56 (Nagelkerke), 0.77 (Hosmer and Lemeshow). Modelo $\chi^2 = 47.52$, $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

^eNota: $R^2 = 0.52$ (Cox and Snell), 0.69 (Nagelkerke), 0.61 (Hosmer and Lemeshow). Modelo $\chi^2 = 49.39$, $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

DISCUSIÓN

Características generales de los productores y su unidad de producción

Los productores de leche en pequeña escala se han caracterizado por tener 50 años, escolaridad de primaria y secundaria y alrededor de 30 años de experiencia en la producción de leche (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007;

Martínez-García *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015). Características similares fueron observadas en el presente trabajo. Sin embargo, se identificó una pequeña proporción de productores, con estudios de preparatoria y universidad, similar a lo reportado por Martínez-García *et al.* (2016), lo que indica un cambio en la brecha educativa, y mayor apertura y aceptación de nuevas tecnologías agrícolas, pecuarias y TIC. Espinoza-Ortega *et al.* (2007) indicaron que productores con un nivel educativo más alto, están más abiertos al cambio y a la adopción de nuevas tecnologías.

Las características de la unidad de producción de leche en pequeña escala, son similares a las reportadas por Espinoza-Ortega *et al.* (2007); Martínez-García *et al.* (2015); Martínez-García *et al.* (2016). Sin embargo, la problemática que se sigue observando, es una baja producción de leche, que puede estar asociada a la falta de incorporación de tecnologías a la unidad de producción, como fue observado por Cervantes *et al.* (2007) y Rathod *et al.* (2016).

Percepción de la importancia del uso de las TIC

A pesar de que el teléfono móvil en sistemas de producción de leche, se considera como una tecnología emergente (Rathod *et al.*, 2016). Los productores que hacen uso de las TIC, tienen 8.7 años en promedio de experiencia con el uso del teléfono móvil, lo que puede indicar que están familiarizados con el uso de la TIC. Asimismo, los productores manifestaron que el teléfono móvil fue considerado como bastante importante, ya que permite la comunicación y difusión de información de forma rápida y eficiente entre productores a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp. Martínez-García *et al.* (2016) indicaron la importancia de la comunicación y difusión de información entre productores, para promover la adopción de tecnologías agropecuarias. El uso del WhatsApp, no fue ampliamente aceptada por los productores como medio de comunicación, ya que tienen la creencia de que genera un gasto extra por que requiere de internet, lo que visualizan como una limitante para su uso. Por lo tanto, los servicios de extensión deberían de brindar capacitación sobre el uso y manejo; así como difundir las ventajas que brinda el WhatsApp en la comunicación y difusión de información entre productores, extensionistas, investigadores y organizaciones gubernamentales, como fue observado por Rathod *et al.* (2016) con el uso de teléfonos móviles.

Las relaciones de parentesco se vieron asociadas con el uso de teléfono móvil, con el grupo de productores que no hacen uso de las TIC, ya que los productores a través de familiares como hijos, sobrinos o nietos hacen uso del teléfono móvil para realizar llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, por lo cual podrían considerarse como usuarios pasivos de las TIC (Autry y Berge, 2011). Por otro lado, los resultados del trabajo indican que la percepción de importancia de los productores sobre las TIC, juega un papel importante para su uso en sus unidades de producción, como fue observado en la adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Martínez-García *et al.*, 2016), en el manejo de praderas cultivadas (Juárez-Morales *et al.*, 2017), en prácticas de pastores (Schaak y Mubhoff, 2018) y en el uso de aplicaciones en teléfonos móviles para el manejo de hatos lecheros (Michels *et al.*, 2019). El uso de la radio fue considerado de importancia para los dos grupos de productores, por lo cual sería una TIC de utilidad, para la difusión de temas de investigación relacionados con la producción de leche en comunidades rurales.

Temas de comunicación y obtención de información a partir del uso de las TIC

Debido a la falta de comunicación y difusión de información, alrededor del 35% de los productores de leche en pequeña escala, no se enteran de programas gubernamentales y apoyos enfocados a transferencia de tecnologías (Martínez-García *et al.*, 2012). Sin embargo, los resultados del trabajo indican que el uso del teléfono móvil a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, permitió la comunicación de siete de los ocho temas considerados en el estudio, entre los cuales se encuentran apoyos de gobierno. Así, las TIC han revolucionado los procedimientos de comunicación y difusión de información, y han generado que la distancia ya no sea una barrera para la comunicación y el desarrollo de actividades entre personas ubicadas en un espacio físico diferente (Rathod *et al.*, 2016).

Los extensionistas necesitan trabajar en la concientización de los productores, sobre el uso de teléfonos móviles con propósito de comunicar y difundir información para mejorar el sector lechero (Rathod *et al.*, 2016). Por lo tanto, los servicios de extensión deberían de considerar al teléfono móvil como una herramienta importante y de utilidad, para la comunicación y difusión de temas que los productores consideren de interés. Por ejemplo, a través de mensajes en el WhatsApp, podrían difundirse infografías con temas relacionados con servicios veterinarios y apoyos de gobierno. Michels *et al.* (2019) indicaron que los teléfonos móviles y sus aplicaciones encajan adecuadamente en la rutina de trabajo de los productores de leche, debido a su carácter de movilidad y portabilidad. Así, los productores que hacen uso del teléfono móvil podrían comunicar y difundir información con otros productores, utilizando las redes sociales que existen entre productores y que se encuentran al interior de las comunidades. Por otro lado, los productores reciben información de noticias, a través del uso de la televisión y la radio. Estas TIC podrían ser utilidad para transmitir capsulas informativas sobre apoyos gubernamentales, que estén enfocadas al apoyo de productores de leche.

Variables que influyen en el uso de las TIC

La adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias ha sido atribuida a las características del productor y su unidad familiar (edad, educación, experiencia, miembros de la familia y mano de obra familiar) y a las características de la unidad de producción (tamaño de hato, vacas en producción, leche producida por vaca por día, total de hectáreas y nivel tecnológico) (Bernués y Herrero, 2008; Lima *et al.*, 2018; MartínezGarcía *et al.*, 2016). Por otra lado, la adopción de aplicaciones para teléfonos móviles que facilitan la protección de cultivos se vio relacionada con la edad del productor, escolaridad, total de hectáreas, diversificación de la unidad de producción y conocimiento sobre el uso de la aplicación (Bonke *et al.*, 2018). Sin embargo, los resultados del presente trabajo muestran que el uso de las TIC estuvo asociado a las características del productor y de la unidad de producción, tales como: miembros de la familia, mano de obra familiar y escolaridad del productor, mientras que las características de la unidad de producción no presentaron una asociación significativa ($P>0.05$). Para el caso del uso de mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, la escolaridad del productor jugó un papel importante, ya que permite un mejor manejo de la aplicación cuando se requiere escribir mensajes. Bonke *et al.* (2018) indican que la educación del productor y el conocimiento sobre las aplicaciones de teléfonos móviles, permiten una mejor evaluación de la utilidad de la TIC. Así mismo, Michels *et al.* (2029), indican que la educación del productor, jugó un papel importante en el uso de aplicaciones móviles relacionadas con el manejo del hato lechero.

La percepción de importancia de las tecnologías en la unidad de producción, ha sido considerada como una variable que juega un papel importante en la adopción y uso de tecnologías agrícolas y pecuarias (Juárez-Morales *et al.*, 2017; Martínez-García *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2016; Schaak y Mubhoff, 2018), así como en la adopción y uso de aplicaciones para teléfonos móviles (Michels *et al.*, 2019). Estos resultados coinciden con lo reportado en el presente estudio, dado que, la variable que evaluó la percepción del productor sobre la importancia del usos de las TIC en la unidad de producción, presentó una asociación positiva significativa ($P<0.05$) en las cinco tecnologías evaluadas, lo que indica que mayor será la probabilidad del uso de las TIC, cuando el productor considere como importante su uso en la unidad de producción.

7 CONCLUSIONES

Los productores de leche en pequeña escala consideraron como importante el uso de las TIC al interior de su unidad de producción, ya que el teléfono móvil permitió a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, la comunicación y difusión de información de temas como: servicios veterinarios, comunicación entre productores (reuniones, servicio de agua para riego de praderas y problemas de su unidad de producción), compra y venta de productos, servicios de gobierno, precios de mercado y servicios institucionales, de forma más rápida y eficiente entre los productores. Sin embargo, las TIC que fueron consideradas por los productores para entretenimiento y difusión de noticias, fueron consideradas de poco importantes (televisión) a importantes (radio).

Las variables que influyeron el uso de las TIC, estuvieron asociadas a las características del productor y a la unidad familiar, ya que las características de la unidad de producción no fueron relevantes. La educación jugó un papel importante en el uso de mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp. Sin embargo, no sería una limitante para los productores que no saben leer ni escribir, ya que existen productores que hacen uso de las TIC de forma indirecta a través de familiares. La percepción de los productores sobre la importancia del uso de las TIC, jugó un papel importante en la decisión para su uso, ya que entre mayor sea la importancia que percibe el productor, mayor será la probabilidad del uso en la unidad de producción; por lo cual, los servicios de extensión deberían trabajar en la concientización de los productores, sobre la utilidad y dinámica que permitiría el uso de teléfonos móviles para la gestión de actividades en su unidad de producción, para la comunicación y difusión de infografías con temas de interés para los productores, así como para la difusión de programas gubernamentales que brinden el apoyo a productores de leche.

Agradecimientos. Los autores agradecen infinitamente a todos productores que participaron en la investigación. También se agradece al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada a Juan de Dios García Villegas, para realizar sus estudios de posgrado.

Financiamiento. El financiamiento fue recibido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto intitulado “Comunicación e Innovación para el Desarrollo Rural” con clave: PN-2016-01-2323.

Conflicto de interés. Los autores confirman que no existe ningún conflicto de interés asociado con esta publicación.

Complimiento de estándares éticos. La investigación presenta datos originales que no han sido enviados a otra revista al mismo tiempo. Además, la investigación fue dirigida de acuerdo con los procedimientos establecidos por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Disponibilidad de datos: Los datos están disponibles a través del autor de correspondencia: cgmartinezg@uaemex.mx, previa solicitud.

REFERENCIAS

- Asfaw, D. and Neka, M. 2017. Factors affecting adoption of soil and water conservation practices: The case of Wereillu Woreda (District), South Wollo Zone, Amhara Region, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*. 5: 273-279. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.01.005>.
- Autry, A.J. and Berge, Z. 2011. Digital natives and digital immigrants: getting to know each other. *Industrial and Commercial Training*. 43: 460-466. <https://doi.org/10.1108/00197851111171890>.
- Bernués, A. and Herrero, M. 2008. Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6: 279-293. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-319>.
- Bonke, V., Fecke, W., Michels, M. and Musshoff, O. 2018. Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection. *Agronomy for Sustainable Development*. 38: 51-51. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0532-4>.
- Broman, K.W. and Woo, K.H. 2018. Data Organization in Spreadsheets. *The American Statistician*. 72: 2-10. <https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1375989>.
- Casián, M.M.A. y Castillo M.A. 1987. Algunas reflexiones sobre los estudios por muestreo en la actividad agropecuaria. México: Editorial Talleres Gráficos de la Nación. Colegio de Postgraduados.
- Celis-Álvarez, M.D., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, G.J. and Arriaga-Jordán, C.M. 2016. Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 48: 1129-1134. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1063-0>.
- Cervantes, E. F., Cesín, V. A. and Pérez, S. L. (2007). Disappearance of dairy farms reproductive reconversion, in Chipilo, Puebla, Mexico. *Técnica Pecuaria México*. 45 (2):195-208. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2310494>.

- Crespo, J., Réquier-Desjardins, D. and Vicente, J. 2014. Why can collective actions fail in Local Agri-food Systems? A social network analysis of cheese producers in Aculco, Mexico. *Food Policy*. 46: 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.03.011>.
- Field, A. 2013. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. SAGE Publications. Great Britain.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin J.B. and Anderson, R.E. 2014. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. Pearson New International Edition. USA.
- Hidalgo-Milpa, M., Sanchez-Vera, E. and Espinoza- Ortega, A. 2015. Quality of milk in a traditional milk-cheese chain in the highlands of central Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. 27 (12). <http://www.lrrd.org/lrrd27/12/hida27232.html>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. En México hay 80.6 millones de usuarios de internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2019. Comunicado de prensa numero 103/20. 17 de febrero de 2020. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf. Consulta: 2 de Junio 2020.
- Juárez-Morales, M., Arriaga-Jordán, C.M., Sánchez-Vera, E., García-Villegas, J.D., Rayas-Amor, AA, Reman, T., Dorward, P. and Martínez-García, C.G. 2017. Factors influencing the use of cultivated grassland for small- scale dairy production in the Central Highlands of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8: 317-324. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4509>.
- Kassie, M., Jaleta, M., Teklewold, H. and Erenstein, O. 2015. Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa. *Land Use Policy*. 42: 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.08.016>.
- Lima, E., Hopkins, T., Gurney, E., Shortall, O., Lovatt, L., Davies, P., Williamson, G. and Kaler, J. 2018. Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. *PLoS ONE* 13(1): e0190489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190489>.
- Martínez-García, C.G., Dorward, P. and Rehman, T. 2016. Factors influencing adoption of crop and forage related and animal husbandry technologies by small-scale dairy farmers in Central Mexico. *Experimental Agriculture*. 52: 87-109. <http://doi:10.1017/S001447971400057X>.
- Martínez-García, C.G., Janes-Ugoretz, S., Arriaga-Jordán, C.M. and Wattiaux, M.A. 2015. Farm, household and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders. *Tropical Animal Health and Production*. 47: 311-316. <http://doi 10.1007/s11250-014-0720-4>.
- Martínez-García, C.G., Dorward, P. and Rehman, T. 2012. Farm and socioeconomic characteristics of small-holder milk producers and their influence on the technology adoption in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 44: 1199-1211. <http://doi 10.1007/s11250-011-0058-0>.
- Michels, M., Bonke, V. and Musshoff, O. 2019. Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science*. 102: 9422-9434. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>
- Rathod, P., Chander, M. and Bangar, Y. 2016. Use of mobiles in dairying for information dissemination: A multi-stakeholder analysis in India. *Indian Journal of Animal Sciences*. 86: 348–354. <https://www.researchgate.net/publication/301629564>.
- Schaak, H. and Mubhoff, O. 2018. Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming. *Agricultural Systems*. 165: 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.06.015>.
- Shaffril, H.A.M., Hassan, M.S.H.J. and Samah, B.A. 2009. Level of agro-based website surfing among Malaysian agricultural entrepreneurs: a case of Malaysia. *Journal of Agriculture and Social Science*. 5: 55-60. <https://www.researchgate.net/publication/228435479>.
- Vogt, W. P. and Burke, J. R. 2016. *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 5th ed. United States of America: Sage Publications.
- Wainaina, P., Tongruksawattana, S. and Qaim, M. 2016. Tradeoffs and complementarities in the adoption of improved seeds, fertilizer, and natural resource management technologies in Kenya. *Agricultural Economics*. 47: 351–362. <https://doi.org/10.1111/agec.12235>.
- Zuppo, C.M. 2012. Defining ICT in a boundaryless world: the development of a working hierarchy. *International Journal of Managing Information Technology (IJMIT)*. 4: 13-22. <https://doi.org/10.5121/ijmit.2012.4302>.

8. DISCUSIÓN

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

Ante la diversidad de estrategias de trabajo, adopción de tecnologías y comunicación de información que presentan los productores de zonas rurales (Kuivanen et al., 2016; Makate y Mango, 2018). La caracterización de unidades de producción ha sido considerada como una herramienta útil para la toma de decisiones, transferencia de tecnologías, generación de políticas públicas y propuestas de servicios de extensión (Martínez-García et al., 2012; Martínez-García et al., 2015). Los resultados muestran cuatro grupos de unidades de producción, definidos por su nivel tecnológico, nivel de producción, características de la unidad de producción, comunicación de información y uso de TIC's.

Martínez-García et al. (2012) indican que los productores que consideran a la producción de leche como la principal fuente de ingreso familiar, hacen una mayor incorporación y uso de tecnologías, como se observó con los productores del Grupo 1; sin embargo, los productores del Grupo 4, presentaron el menor nivel tecnológico, pero la mayor producción de leche e ingresos. Esto puede ser atribuido a los años de experiencia como productor de leche y al tipo de tecnologías utilizadas en la granja, por ejemplo, dentro de las tecnologías de alimentación, los productores prefirieron el uso de ensilado de maíz, praderas de corte y praderas para pastoreo. Prospero-Bernal et al. (2017) que indican que estas tecnologías aumentan la sustentabilidad económica de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Por lo tanto, se debería de generar alternativas de extensión, que permitan la promoción de tecnologías de alimentación que brinden una mayor eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Con respecto a los temas de interés del productor como: precio del mercado, clima, apoyos de gobierno, nuevas tecnologías, enfermedades, nutrición del ganado, cultivos y compra de equipo, la mayoría de los grupos (1,3 y 4) manifestó que la comunicación debe de ser de forma directa y personal, es decir, prefieren la

interacción de productor a productor y con el personal que brinda los servicios de extensión. Martínez-García et al. (2015) indican que los productores de leche en pequeña escala, prefieren asistir a cursos y pláticas relacionadas con su unidad de producción que se lleven a cabo al interior de su comunidad o en alguna granja cercana de un productor, ya que el traslado a comunidades vecinas o cabecera municipal, les quita demasiado tiempo. Por otro lado, los productores del Grupo 2, presentaron el mayor uso de TIC's y prefieren la comunicación de temas de interés a través del teléfono móvil, esto puede ser atribuido a que son productores jóvenes y con la mayor escolaridad. Por lo cual, los servicios de extensión deberían dirigir sus esfuerzos a crear infografías electrónicas con temas de interés para los productores, para que sean distribuidas a través del teléfono móvil, con el propósito de agilizar la comunicación y difusión de la información en los productores de leche.

8.2. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USO DE CADA GRUPO DE TECNOLOGÍAS

Estudios previos indican que la percepción de los productores sobre la importancia de las tecnologías, juega un papel importante en la toma de decisiones para el uso y adopción de nuevas tecnologías (Martínez-García et al., 2016; Schaak y Mubhoff, 2018). Los resultados del trabajo indican que la percepción de los productores sobre importancia de las tecnologías, está relacionada directamente con la disponibilidad y su uso en la granja. Borchers y Bewley (2015), indican que los productores eligen una tecnología que pueda satisfaga sus necesidades durante varios años, considerando factores financieros, demográficos y que estén acompañadas de asesoramiento. Por ejemplo, las tecnologías de alimentación fueron consideradas de mayor importancia por los cuatro grupos. Esto puede ser atribuido a que los productores buscan nuevas estrategias de alimentación que permitan disminuir los costos de producción, ya que en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, se ha estimado que el 70% de los costos de producción, corresponde a la alimentación de las vacas (Martínez-García et al., 2015b).

La importancia de las tecnologías fue negativa, cuando los productores no cuentan con las tecnologías en su unidad de producción. Los grupos de tecnologías de manejo, sanidad y reproducción, agrícolas, complementarias y TIC's fueron consideradas como nada a poco importantes, principalmente para los productores de los Grupos 3 y 4. Michels et al. (2019), mencionan que el índice de adopción es bajo, cuando las tecnologías no satisfacen las necesidades y no resuelven un problema determinado de la granja; sin embargo, se debería de desarrollar programas de extensión y capacitación para promover el grupo de tecnologías que fueron consideradas como poco importantes, como por ejemplo las tecnologías de sanidad y reproducción, ya que podrían mejorar la salud y fertilidad de las vacas, los cuales son factores importantes para la eficiencia productiva y económica de la granja (Shalloo et al., 2018).

8.3. USO DE LAS TIC'S POR PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE

En países desarrollados, el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) está en auge, ya que la agricultura de precisión (Debauche et al., 2018) y el manejo de granjas lecheras (Michels et al., 2019) utilizan aplicaciones compatibles con teléfonos móviles; sin embargo, en países en desarrollo el uso de teléfonos móviles en zonas rurales es apenas emergente (Rathod et al., 2016). Resultados semejantes fueron observados con el uso de TIC's por productores de leche a pequeña escala, ya que se presentó una baja adopción en los cuatro grupos, lo que puede ser atribuido a la edad del productor, escolaridad, falta de señal, falta de internet, falta de conocimiento para su uso y manejo, falta de conocimiento para utilizarlas como herramientas en su unidad de producción; así mismo, los productores no visualizan una utilidad práctica de las TIC's en su unidad de producción. Por lo cual, es necesario dirigir servicios de extensión que permitan el desarrollo de habilidades y conocimiento en los productores, para el uso y la integración de manera cotidiana de las TIC's a la granja; por ejemplo, la difusión de infografías sobre tecnologías de alimentación (ensilados de maíz y praderas cultivadas) a través de teléfonos móviles y el WhatsApp, que son tecnologías

emergentes y de mayor uso, por los productores de leche, principalmente del Grupo 2. Michels et al. (2019) indican que los teléfonos móviles podrían adaptarse a la rutina de trabajo de los productores, debido a su facilidad de movilidad, por lo cual la promoción y capacitación sobre el uso de aplicaciones móviles, podría ser una alternativa para mejorar el manejo del hato (Bonke et al., 2018; Michels et al., 2019). Los resultados indican que los productores hacen uso de las TIC's de forma indirecta (Grupos 1 y 4) y directa (Grupos 2 y 3). La forma indirecta contempla a los productores con mayor edad y sin la habilidad y conocimiento para el uso de las TIC's; por lo cual, involucra una relación de parentesco, donde algún miembro de familia apoya al productor para su uso. Por lo tanto, los productores podrían considerarse como usuarios pasivos de las TIC's. Por otra parte, el uso directo de las TIC's contempla a los productores más jóvenes y con conocimiento para su uso. Estos productores podrían considerarse migrantes digitales, ya que nacieron antes del auge tecnológico y se han enfrentado a la resistencia del uso de TIC's; sin embargo, han adaptado el uso de las tecnologías de forma paulatina (Autry y Berg, 2011).

8.4. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL USOS DE TIC'S

Los resultados indican que el teléfono móvil fue la TIC's preferida por los productores de leche en pequeña escala, a pesar de ser considerada como una tecnología emergente en países en desarrollo (Rathod et al., 2016). El teléfono móvil fue considerado como importante por la mayoría de los grupos (1, 2 y 3). El nivel de importancia de las TIC's puede estar relacionado con la incorporación y la frecuencia de uso por los productores.

Los productores indicaron que el teléfono móvil es una tecnología que facilita la comunicación de forma rápida y eficiente con familiares, productores, veterinario, vendedores de alimento para el ganado y en alguna emergencia; así mismo, se puede usar en cualquier lugar y permite localizar a las personas con mayor facilidad; sin embargo, en ocasiones por la falta de señal, los productores hacen uso de

mensajes (SMS), ya que al reestablecerse la señal, el mensaje llega a su destino, como fue indicado por los productores del Grupo 2, quienes consideran a los SMS como bastante importantes para mantenerse comunicados con familiares, amigos u otros productores. Por lo cual, se podría explorar las redes sociales que genera el uso del teléfono móvil, con el propósito de identificar la dinámica y actores clave que pudieran favorecer la comunicación y difusión de información agropecuaria. Por otra parte, las TIC's que dependen del uso de internet como: WhatsApp, Facebook, computadora y correo electrónico, fueron consideradas de nada a poco importantes por los cuatro grupos, ya que los productores manifestaron que no hacen uso de esa tecnologías, el internet es caro y falta de conocimiento para su uso. Lima et al. (2018) argumentan que la falta de conocimiento, incomodidad e inseguridad del productor hacia una tecnología, inhiben su aceptación y adopción.

Martínez-García et al. (2016) indicaron la importancia de la comunicación y difusión de información entre productores, para promover la adopción de tecnologías agropecuarias. El uso del WhatsApp, no fue ampliamente aceptada por los productores como medio de comunicación, ya que tienen la creencia de que genera un gasto extra por que requiere de internet, lo que visualizan como una limitante para su uso. Por lo tanto, los servicios de extensión deberían de brindar capacitación sobre el uso y manejo; así como difundir las ventajas que brinda el WhatsApp en la comunicación y difusión de información entre productores, extensionistas, investigadores y organizaciones gubernamentales, como fue observado por Rathod et al. (2016) con el uso de teléfonos móviles.

Las relaciones de parentesco se vieron asociadas con el uso de teléfono móvil, con el grupo de productores que no hacen uso de las TIC, ya que los productores a través de familiares como hijos, sobrinos o nietos hacen uso del teléfono móvil para realizar llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, por lo cual podrían considerarse como usuarios pasivos de las TIC (Autry y Berge, 2011). Por otro lado, los resultados del trabajo indican que la percepción de importancia de los productores sobre las TIC, juega un papel importante para su uso en sus unidades

de producción, como fue observado en la adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias (Martínez-García et al., 2016), en el manejo de praderas cultivadas (Juárez-Morales et al., 2017), en prácticas de pastores (Schaak y Mubhoff, 2018) y en el uso de aplicaciones en teléfonos móviles para el manejo de hatos lecheros (Michels et al., 2019). El uso de la radio fue considerado de importancia para los dos grupos de productores, por lo cual sería una TIC de utilidad, para la difusión de temas de investigación relacionados con la producción de leche en comunidades rurales.

8.5. COMUNICACIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LAS TIC'S

Los resultados sobre la comunicación de información con las TIC's, por productores de leche en pequeña escala, indican que son herramientas que está emergiendo, como se observó en los productores de los Grupos 1 y 2, quienes usan principalmente el teléfono móvil, seguido de mensajes (SMS), ya que comunicaron siete de los ocho temas considerados en el estudio; sin embargo, los productores de los cuatro grupos utilizan el teléfono móvil para estar en contacto con otros productores y solicitar servicios veterinarios; Por lo cual, el teléfono móvil, podría ser un herramienta de utilidad, que pueda permitir la comunicación y difusión de temas de interés para los productores de leche en pequeña escala; sin embargo, en los Grupos 3 y 4, el uso de las TIC's se vio limitado para la comunicación de información.

Lima et al., (2018) indican que la adopción y uso de TIC's está dada por la familiaridad y el constante uso de las tecnologías por los productores. Por lo cual, se debería de promover servicios de extensión que promueven la capacitación y enseñanza del uso de TIC's, con el propósito de integrar nuevas habilidades y herramientas que permitan la obtención de información; así mismo que permitan mejorar el manejo del hato.

Por otro lado, los medios de comunicación masivos como el radio y la televisión, fueron preferidos como medios de entretenimiento y para enterarse de noticias; por lo tanto, podrían ser elementos para promover la utilización de tecnologías adecuadas para cada grupo de productores o en su defecto promover la participación en programas gubernamentales destinados al sector agropecuario. Turner et al. (2017) indican que los productores en pequeña escala equilibran su capacidad de adaptación para explorar y crear nuevas alternativas ante circunstancias emergentes. Además, los productores exitosos innovan utilizando sus conocimientos y experiencia acumulados para dar sentido a la nueva información (Evans et al., 2017).

8.6. TEMAS DE COMUNICACIÓN Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN A PARTIR DEL USO DE LAS TIC

Debido a la falta de comunicación y difusión de información, alrededor del 35% de los productores de leche en pequeña escala, no se enteran de programas gubernamentales y apoyos enfocados a transferencia de tecnologías (Martínez-García et al., 2012). Sin embargo, los resultados del trabajo indican que el uso del teléfono móvil a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, permitió la comunicación de siete de los ocho temas considerados en el estudio, entre los cuales se encuentran apoyos de gobierno. Así, las TIC han revolucionado los procedimientos de comunicación y difusión de información, y han generado que la distancia ya no sea una barrera para la comunicación y el desarrollo de actividades entre personas ubicadas en un espacio físico diferente (Rathod et al., 2016).

Los extensionistas necesitan trabajar en la concientización de los productores, sobre el uso de teléfonos móviles con propósito de comunicar y difundir información para mejorar el sector lechero (Rathod et al., 2016). Por lo tanto, los servicios de extensión deberían de considerar al teléfono móvil como una herramienta importante y de utilidad, para la comunicación y difusión de temas que los

productores consideren de interés. Por ejemplo, a través de mensajes en el WhatsApp, podrían difundirse infografías con temas relacionados con servicios veterinarios y apoyos de gobierno. Michels et al. (2019) indicaron que los teléfonos móviles y sus aplicaciones encajan adecuadamente en la rutina de trabajo de los productores de leche, debido a su carácter de movilidad y portabilidad. Así, los productores que hacen uso del teléfono móvil podrían comunicar y difundir información con otros productores, utilizando las redes sociales que existen entre productores y que se encuentran al interior de las comunidades. Por otro lado, los productores reciben información de noticias, a través del uso de la televisión y la radio. Estas TIC podrían ser utilidad para transmitir capsulas informativas sobre apoyos gubernamentales, que estén enfocadas al apoyo de productores de leche.

8.7. VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LAS TIC'S

La adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias ha sido atribuida a las características del productor y su unidad familiar (edad, educación, experiencia, miembros de la familia y mano de obra familiar) y a las características de la unidad de producción (tamaño de hato, vacas en producción, leche producida por vaca por día, total de hectáreas y nivel tecnológico) (Bernués y Herrero, 2008; Lima et al., 2018; Martínez-García et al., 2016). Por otra lado, la adopción de aplicaciones para teléfonos móviles que facilitan la protección de cultivos se vio relacionada con la edad del productor, escolaridad, total de hectáreas, diversificación de la unidad de producción y conocimiento sobre el uso de la aplicación (Bonke et al., 2018). Sin embargo, los resultados del presente trabajo muestran que el uso de las TIC estuvo asociado a las características del productor y de la unidad de producción, tales como: miembros de la familia, mano de obra familiar y escolaridad del productor, mientras que las características de la unidad de producción no presentaron una asociación significativa ($P > 0.05$). Para el caso del uso de mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, la escolaridad del productor jugó un papel importante, ya que permite un mejor manejo de la aplicación cuando se requiere escribir mensajes. Bonke et al. (2018) indican que la educación del productor y el conocimiento sobre

las aplicaciones de teléfonos móviles, permiten una mejor evaluación de la utilidad de la TIC. Así mismo, Michels et al. (2019), indican que la educación del productor, jugó un papel importante en el uso de aplicaciones móviles relacionadas con el manejo del hato lechero.

La percepción de importancia de las tecnologías en la unidad de producción, ha sido considerada como una variable que juega un papel importante en la adopción y uso de tecnologías agrícolas y pecuarias (Juárez-Morales et al., 2017; Martínez-García et al., 2012; Martínez-García et al., 2016; Schaak y Mubhoff, 2018), así como en la adopción y uso de aplicaciones para teléfonos móviles (Michels et al., 2019). Estos resultados coinciden con lo reportado en el presente estudio, dado que, la variable que evaluó la percepción del productor sobre la importancia del usos de las TIC en la unidad de producción, presentó una asociación positiva significativa ($P < 0.05$) en las cinco tecnologías evaluadas, lo que indica que mayor será la probabilidad del uso de las TIC, cuando el productor considere como importante su uso en la unidad de producción.

9. CONCLUSIONES

Los resultados muestran evidencia de la heterogeneidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, respecto al uso de tecnologías agrícolas y pecuarias, características de la granja, comunicación de información y uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's). Así, cuatro grupos de productores fueron identificados; por lo tanto, diferentes enfoques de extensión deberían de ser considerados. Generar propuestas que tomen en cuenta la importancia de las tecnologías y su preferencia por grupo de productores, lo que permitiría la promoción de tecnologías que encajen en la realidad de cada grupo de productores; por ejemplo, los productores de los cuatro grupos aceptarían con mayor facilidad el uso de tecnologías de alimentación; mientras que los grupos de los Grupos 3 y 4, estarían más renuentes a usar tecnologías de manejo. Así, la caracterización de productores fue una herramienta que permitió entender su diversidad; así mismo, diseñar estrategias para futuras intervenciones.

Los productores de leche en pequeña escala, han empezado a incorporar Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) a sus actividades cotidianas, principalmente fue observado por los productores del Grupo 2, quienes fueron los más jóvenes y considerados como migrantes de la tecnología; sin embargo, la tecnología de mayor uso fue el teléfono móvil, ya que los productores de los cuatro grupos, quienes usan la tecnología, la consideran como importante, y es una herramienta que facilita la comunicación de información, temas de interés e interacción con otros productores; sin embargo, las TIC's que dependen del uso de internet, fueron consideradas como nada o poco importantes y no son usadas por la mayoría de productores de los cuatro grupos, ya que requieren de inversión económica y conocimiento para su uso.

Los productores de leche en pequeña escala consideraron como importante el uso de las TIC al interior de su unidad de producción, ya que el teléfono móvil permitió a través de llamadas, mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp, la comunicación

y difusión de información de temas como: servicios veterinarios, comunicación entre productores (reuniones, servicio de agua para riego de praderas y problemas de su unidad de producción), compra y venta de productos, servicios de gobierno, precios de mercado y servicios institucionales, de forma más rápida y eficiente entre los productores. Sin embargo, las TIC que fueron consideradas por los productores para entretenimiento y difusión de noticias, fueron consideradas de poco importantes (televisión) a importantes (radio).

Las variables que influyeron el uso de las TIC, estuvieron asociadas a las características del productor y a la unidad familiar, ya que las características de la unidad de producción no fueron relevantes. La educación jugó un papel importante en el uso de mensajes (SMS) y mensajes de WhatsApp. Sin embargo, no sería una limitante para los productores que no saben leer ni escribir, ya que existen productores que hacen uso de las TIC de forma indirecta a través de familiares. La percepción de los productores sobre la importancia del uso de las TIC, jugó un papel importante en la decisión para su uso, ya que entre mayor sea la importancia que percibe el productor, mayor será la probabilidad del uso en la unidad de producción; por lo cual, los servicios de extensión deberían trabajar en la concientización de los productores, sobre la utilidad y dinámica que permitiría el usos de teléfonos móviles para la gestión de actividades en su unidad de producción, para la comunicación y difusión de infografías con temas de interés para los productores, así como para la difusión de programas gubernamentales que brinden el apoyo a productores de leche.

10. REFERENCIAS

- Ajzen, I. and Fishbein, M. (1980). *Understanding Attitudes and Predicting Social Behaviour*. Upper Saddle River, NJ: Prentice- Hall.
- Alvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittonell, P., Groot, J. (2014). *Constructing typologies, a way to deal with farm diversity: general guidelines for the Humidtropics*. Report for the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. Plant Sciences Group, Wageningen University, the Netherlands.
- Asfaw, D. y Neka, M. (2017). Factors affecting adoption of soil and water conservation practices: The case of Wereillu Woreda (District), South Wollo Zone, Amhara Region, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*. 5: 273-279. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.01.005>.
- Autry, A.J. y Berge, Z. (2011) Digital natives and digital immigrants: getting to know each other. *Industrial and Commercial Training* 43: 460-466. doi: 10.1108/00197851111171890.
- Bernués, A. y Herrero, M. (2008). Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6: 279–293. <https://doi:10.5424/sjar/2008062-319>.
- Bonke, V., Fecke, W., Michels, M., Musshoff, O. (2018). Willingness to pay for smartphone apps facilitating sustainable crop protection. *Agronomy for Sustainable Development*. 38:51 <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0532-4>
- Borchers, M. R. y Bewley, J. M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal Dairy Science*. 98:4198–4205 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8963>

- Bramley, R.G.V., y Ouzman, J. (2019). Farmer attitudes to the use of sensors and automation in fertilizer decision-making: nitrogen fertilization in the Australian grains sector. *Precision Agriculture*. 20:157–175
<https://doi.org/10.1007/s11119-018-9589->
- Broman, K.W., y Woo, K.H. (2018). Data Organization in Spreadsheets, *The American Statistician*, 72:1, 2-10, DOI: 10.1080/00031305.2017.1375989
- Capillon, A., (1993). Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. Doctoral thesis, INA P-G, Paris.
- Crespo, J., Réquier-Desjardins, D., y Vicente, J. (2014). Why can collective actions fail in Local Agri-food Systems? A social network analysis of cheese producers in Aculco, Mexico. *Food Policy*, 46,165-177.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., y Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
- Debauche, O., Mahmoudi¹, S., Andriamandroso, A.L.H., Manneback, P., Bindelle J., Lebeau, F. (2018). Cloud services integration for farm animals' behavior studies based on smartphones as activity sensors. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0845-9>
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda Martínez, T., Arriaga-Jordan, C.M. (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*. 43, 241–256.

Evans, K.J., Terhorst, A., Kang, B.H. (2017). From Data to Decisions: Helping Crop Producers Build Their Actionable Knowledge. *Critical Reviews in Plant Sciences* ISSN: 0735-2689. <http://www.tandfonline.com/loi/bpts20>

FAO, (2013) Organic supply chains for small farmer income generation in developing countries- Case studies in India. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nation. Thailand, Brazil, Hungary and Africa. Rome, Italy.

FAO, (2019). Portal lácteo. <http://www.fao.org/dairy-productionproducts/socioeconomics/social-and-gender-issues/es/>

Field, A., (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. SAGE Publications. Great Britain.

Fujisaka, S.,(1994). Learning from six reasons why farmes do not adopt innovations intended to improve sustaiability in upland agriculture. *Agricultural systems*. 46:409-425

Giller, K.E., Tittonell, P., Rufino, M.C., van Wijk, M.T., Zingore, S., Mapfumo, P., Adjei-Nsiah, S., Herrero, M., Chikowo, R., Corbeels, M., Rowe, E.C., Baijukya, F., Mwijage, A., Smith, J., Yeboah, E., van der Burg, W.J., Sanogo, O.M., Misiko, M., de Ridder, N., Karanja, S., Kaizzi, C., K'ungu, J., Mwale, M., Nwaga, D., Pacini, C., y Vanlauwe, B., (2011). Communicating complexity: integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within African farming systems to support innovation and development. *Agric. Syst.* 104, 191–203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2010.07.002>.

Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M. (2014). *A Premier on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. SAGE Publications, Thousand Oaks.

Hudson, H.E., Leclair, H., Pelletier, B., Sullivan, B., (2017). Using radio and interactive ICTs to improve food security among smallholder farmers in Sub-Saharan Africa. *Telecommunications Policy* 1-15

Jahanmira, S., y Cavadas J., (2018) Factors affecting late adoption of digital innovations. *Journal of Business Research* 337–343

Juárez-Morales, M., Arriaga-Jordán, C.M., Sánchez-Vera, E., García-Villegas, J.D., Rayas-Amor, AA, Reman, T., Dorward, P., Martínez-García, C.G. (2017). Factors influencing the use of cultivated grassland for small-scale dairy production in the Central Highlands of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8: 317-324.

Kassie, M., Jaleta, M., Teklewold, H. and Erenstein, O. (2015). Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa. *Land Use Policy*. 42: 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.08.016>.

Kebede, B., (2007). Community wealth-ranking and household surveys : An integrative approach. Q-Squared Working paper No. 38, Centre for International Studies, University of Toronto, Canada.

Kuivanen, K., Alvarez, S., Michalscheck, M., Adjei-Nsiah, S., Descheemaeker, K., Mellon-Bedi S., Groot J.C.J. (2016). Characterising the diversity of smallholder farming systems and their constraints and opportunities for innovation: A case study from the Northern Region, Ghana, *NJAS - Wageningen J. Life Sci.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2016.04.003>

Landais, E., (1998). Modelling farm diversity: new approaches to typology building in France. *Agricultural Systems* 58, 505-527.

Lee, B.M., y Abbott, E. (2011). Mobile Phones and Rural Livelihoods: Diffusion, Uses, and Perceived Impacts Among Farmers in Rural Uganda. *Information Technologies and International Development* 7(4) pp. 17-34-34.

Lima, E., Hopkins, T., Gurney, E., Shortall, Lovatt, L., Davies, P., Williamson, G., Kaler, J., (2018). Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. *PLoS ONE* 13(1): e0190489. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190489>

Loera, J. y Banda, J. (2017) Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de investigaciones Altoandinas*. vol.19 no.4 Puno oct./dic 2017.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317>

Makate, C. y Mango, N. (2017). Diversity amongst farm households and achievements from multi-stakeholder innovation platform approach: Lessons from Balaka Malawi. *Agriculture and Food Security*. DOI: 10.1186/s40066-017-0115-7

Makate, C., Makate, M., Mango, N. (2018). Farm household typology and adoption of climate-smart agriculture practices in smallholder farming systems of southern Africa, *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, DOI: 10.1080/20421338.2018.1471027

Manly, B.F.J., y Navarro, A.J.A. (2017). *Multivariate statistical methods: A primer*. 4^o ed. Tylor and Francis Group, Chapman and Hall/CRC, USA

Martínez-García, C.G., Dorward, P. and Rehman, T. 2012. Farm and socioeconomic characteristics of small-holder milk producers and their influence on the

technology adoption in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1199-1211.

Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A.A., Anaya-Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E., Espinoza-Ortega, A., Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C.M., (2015). "Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies". *Tropical Animal Health and Production*, 47: 331-337.

Michels, M., Bonke, V., Musshoff, O. (2019) Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102 No. 10. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16489>

Murray, U., Zewdy, G., Brychkova, G., y Spillane, C., (2016). "Smallholder Farmers and Climate Smart Agriculture Technology and Labor-Productivity Constraints Amongst Women Smallholders in Malawi." *Gender, Technology and Development* 20: 117–148. 0971852416640639

Palela, S.S., y Martins, P.F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa* 3ra Ed. FEDUPEL. Caracas. ISBN: 980-273-445-4.

Parasuraman, A. (2000). Technology Readiness Index (TRI) a multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, 2(4), 307–320.

Plata-Reyes, D.A., Morales-Almaraz, E., Martínez-García, C.G., Flores-Calvete, G., López-González, F., Prospero-Bernal, F., Valdez-Ruiz, C.L., Zamora-Juárez, Y.J., Arriaga-Jordán, C.M. (2018) Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 50: 1797–1805.

- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López-González, F. y Arriaga-Jordán, C. M. (2017). Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 49: 1537-1544.
- Ratchford, M., y Barnhart, M. (2012). Development and validation of the technology adoption propensity (TAP) index. *Journal of Business Research*, 65(8), 1209–1215.
- Rathod, P., Chander, M., y Bangar, Y. (2016). Use of mobiles in dairying for information dissemination: A multi-stakeholder analysis in India. *Indian Journal of Animal Sciences* 86 (3): 348–354.
- Rogers, E., (2003). *Diffusion of Innovations*. 5th ed. Free Press, New York, NY.
- Sánchez-Vera E. y Castañeda-Martínez, E. (2014) *CONTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN PEQUEÑA ESCALA A LAS ESTRATEGIAS DE VIDA CAMPESINAS*. En: Arriaga-Jordán C.M y Anaya Ortega J.P. Universidad autónoma del estado de México, ISBN 978-607-7815-15-
- Schaak, H. y Mubhoff, O., (2018). Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming. *Agricultural Systems*, 165: 230-239.
- Scoones, I., y Toulmin, C. (1999). *Policies for soil fertility management in Africa*. London UK: London: Department for International Development, International Institute of for Environment and Development (IIED).
- SECTUR (2019). *Pueblos Mágicos de México*. Disponible en: <http://www.pueblosmexico.com.mx/>. Fecha de consulta: 21/febrero/2019

- Shaffril, H.A.M., Hassan, M.S.H.J. and Samah, B.A. 2009. Level of agro-based website surfing among Malaysian agricultural entrepreneurs: a case of Malaysia. *Journal of Agriculture and Social Science*. 5: 55-60. <https://www.researchgate.net/publication/228435479>.
- Shalloo, L., M. O'Donovan, L. Leso, J. Werner, E. Ruelle, A. Geoghegan, N. Delaby, y N. O'leary. (2018). Grass-based dairy systems, data and precision technologies. *Animal* 12(Suppl. 2):s262–271. <https://doi.org/10.1017/S175173111800246X>.
- SIAP- SAGARPA (2014). Producción nacional, estatal y municipal de leche de bovino. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-municipal-pecuario/> (consultado el 20 de abril de 2016).
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S. (2012) *Using Multivariate Statistics*. 6th Edition, Person Education, Boston.
- Tittonell P., Muriuki, K.D. Shepherd, D. Mugendi, K.C. Kaizzi, J. Okeyo. Verchot, R. Coe, B. Vanlauwe., (2010). The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa *Agricultural Systems* 103 (2010) 83–97 *Agricultural Systems* journal homepage: www.elsevier.com/locate/agsy – A typology of smallholder farms
- Tittonell, P., (2014). Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems* 126(0): 3-14
- Turner, A.J., Klerkx, L., White, T., Nelson, T., Everett-Hincks, J., Mackay A., Botha N. (2017). Unpacking systemic innovation capacity as strategic ambidexterity: How projects dynamically configure capabilities for agricultural innovation.

Land use Policy 68 503–523
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.054>

Turner, A.J., Klerkx, L., White, T., Nelson, T., Everett-Hincks, J., Mackay A., Botha N. (2017). Unpacking systemic innovation capacity as strategic ambidexterity: How projects dynamically configure capabilities for agricultural innovation. *Land use Policy* 68 503–523
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.054>

Vogt, W.P. y Johnson, B.R. (2016). *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 5th ed. United States of America: Sage publications

Wainaina, P., Tongruksawattana, S. y Qaim, M. (2016). Tradeoffs and complementarities in the adoption of improved seeds, fertilizer, and natural resource management technologies in Kenya. *Agricultural Economics*. 47: 351–362. <https://doi.org/10.1111/agec.12235>

Yunis, M., Tarhini, A., Kassar, A., (2018). The role of ICT and innovation in enhancing organizational performance: The catalysing effect of corporate entrepreneurship. *Journal of Business Research* 88 (2018) 344–356

Zuppo, C.M. (2012). Defining ICT in a boundaryless world: the development of a working hierarchy. *International Journal of Managing Information Technology (IJMIT)*. 4: 13-22. <https://doi.org/10.5121/ijmit.2012.4302>.

Anexos



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 6 (Suplemento 2), 2019 16-18 de octubre ISSN:2007-9559

Revista Mexicana de Agroecosistemas
Oaxaca, Volumen IV (Suplemento 2), 2019
Memoria de artículos en extenso y resúmenes



**XLVI Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la
Producción Animal y Seguridad Alimentaria**

Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A. C.





Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 6 (Suplemento 2), 2019 16-18 de octubre ISSN:2007-9559
Memoria de artículos en extenso y resúmenes
“XLVI Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción
Animal y Seguridad Alimentaria, A. C.”

REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol 6, (Suplemento 2) Julio-Diciembre 2019, es una publicación de la Secretaría de Educación Pública-Tecnológico Nacional de México, editada a través del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-060211581800-203 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz y Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, <http://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/rmae.itvo@gmail.com>. Fecha de última modificación, 20 de diciembre de 2019.

Su objetivo principal es difundir los resultados de investigación científica de las áreas agropecuaria, forestal, recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas, ambientales y socioeconómicas.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.



**EXPLORACIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN PREFERIDOS POR
PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE EN ACULCO ESTADO DE MÉXICO**

**[EXPLORATION OF THE COMMUNICATION MEDIA PREFERRED BY
SMALLHODERS FARMERS IN ACULCO ESTADO DE MEXICO]**

Juan de Dios García-Villegas^{1§}, Anastasio García-Martínez², Carlos Manuel Arriaga-Jordan¹, Carlos Galindo Martínez-García¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). ²Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) Centro Universitario UAEM Temascalpec². [§]Autor para correspondencia: (mvzgarcia@outlook.com).

RESUMEN

La comunicación en sistemas rurales donde las tecnologías de información y comunicación son escasas se basan en el diálogo personal entre productores, sin embargo, en años recientes las TIC's (Tecnologías de Información y Comunicación) son consideradas como tecnologías emergentes que facilitan la comunicación y desarrollo de la comunidad. En este sentido se entrevistaron a 172 productores de leche a pequeña escala del municipio de Aculco estado de México, con el objetivo de agruparlos y conocer los medios de comunicación que prefieren, tomando en cuenta el grupo al que pertenecen. En el estudio se consideraron diez TIC's. Por lo tanto, utilizando técnicas de estadística multivariada, se identificaron cuatro grupos de productores y sus preferencias en comunicación para difundir sus ideas e innovaciones aplicables a la unidad de producción, al mismo tiempo se logró conocer cuáles son las TIC's más frecuentemente utilizadas y quienes son los que más uso hacen de ellas. Se concluye que una vez identificadas las formas de comunicación preferidas por los productores se deberían utilizar como herramientas promotoras de innovaciones, lo que en determinado momento le facilitara a oficinas gubernamentales y extensionistas la disseminación óptima de las mismas. Por otro lado, la difusión de estas estrategias va ligada a la forma en que se estructuran redes de comunicación y la manera en que éstas pueden influir sobre los tomadores de decisiones.

Palabras clave: Difusión de información, innovaciones, rural, tecnología, telecomunicaciones.

ABSTRACT

Communication in rural systems where information and communication technologies are scarce is based on personal dialogue between producers, but in recent years ICTs (Information and Communication Technologies) are considered as emerging technologies that facilitate communication and development of the community. In this sense, 172 small-scale milk producers from the municipality of Aculco, State of Mexico, were interviewed, with the aim of grouping them and knowing the media they prefer, taking into account the group to which they belong. In the study they considered ten ICTs. Therefore, using multivariate statistics techniques, four groups of producers and their communication preferences were identified to disseminate their ideas and innovations applicable to the production unit. At the same time, it was possible to know which ICTs are most frequently used and who They are the ones that use most of them. It is concluded



that once the communication forms preferred by the producers have been identified, they should be used as promoters of innovations, which at a certain moment will facilitate the optimal dissemination of the same to government offices and extension agents. On the other hand, the diffusion of these strategies is linked to the way in which communication networks are structured and the way in which they can influence decision makers.

Index words: Dissemination of information, innovations, rural, technology, telecommunications.

INTRODUCCIÓN

La comunicación es crucial en todas las facetas de desarrollo, y el medio rural caracterizado por el limitado acceso a la información y capacitación, no es la excepción (Murisa y Chikweche, 2015) independientemente de cómo se creen las innovaciones, éstas se ven como el principal motor del crecimiento de la productividad en la agricultura, en este sentido la adecuada difusión de innovaciones en medios rurales es una estrategia para promover el desarrollo de la región, sin embargo la infraestructura de telecomunicaciones limita proporcionalmente este fin. En Aculco Estado de México, solo el 4% de la población tiene acceso directo a internet, y el 67% a teléfono celular, 6.4% a teléfono fijo y 7.3% a computadora (INEGI, 2013), estos números son relativamente bajos si los comparamos con otras regiones del mismo estado, sin embargo, la utilización de TIC's por los productores de leche a pequeña escala es emergente y relativamente nueva (Rathod, 2016), en años anteriores las oficinas gubernamentales encargadas del extensionismo se valían de medios impresos para facilitar la información, hoy en día esta estrategia está siendo relevada por nuevas tecnologías, por lo tanto es importante conocer la percepción de los productores sobre las TIC's.

La extensión implica el uso consiente de la comunicación de información para ayudar a los agricultores a formarse opiniones sólidas y tomar buenas decisiones basadas en sus circunstancias (Masendeke *et al.*, 2010) en particular la extensión agropecuaria, se centra en mejorar la productividad, la competitividad y la promoción de los vínculos comerciales para mejorar la comercialización (Moyo y Salawu, 2018) a pesar de existir tecnología e innovaciones, los agricultores no las han adoptado debido, entre otras razones, a la falta de comunicación y la formulación de políticas. Sin embargo, la teoría de la difusión de Rogers (2003) reconoció más tarde los límites de los medios de comunicación, que son lineales, para provocar directamente cambios de comportamiento, así como la importancia de los canales interpersonales en el proceso de adopción de nuevas ideas (Inagaki, 2007). Lo anterior obliga a conocer las preferencias de grupos de productores de leche a pequeña escala sobre las principales TIC's como promotoras de innovaciones en sistemas de producción de leche a pequeña escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en Aculco Estado de México, con ayuda de cuestionario semi-estructurado entrevista que recababa información sobre características del productor y unidad de producción, características del núcleo familiar, tecnificación de la unidad de producción y uso de tecnologías de información y comunicación. Se entrevistó a 172 productores de leche a pequeña



escala, los cuales utilizando el criterio de pequeña escala (menos de 35 vacas más sus reemplazos) fueron seleccionados. Para llevar a cabo la colecta de la información se empleó un muestreo no probabilístico tipo bola de nieve (Voght y Johnson, 2016). Este mismo se dio por terminado cuando se llegó al punto de saturación de información (Valles, 2009).

Los datos fueron preparados, como lo recomienda Broman y Woo (2018) además se emplearon pruebas de normalidad (Kolmogorob-Smirnov), gráficos de caja para identificar datos atípicos y para la identificación de colinealidad, se realizaron correlaciones bi-variadas. Para el análisis de la información se utilizó el software SPSS versión 24. dividido dos fases; la primera consistió en la identificación de grupos de productores a través de la selección de 20 variables que fueron sometidas a un análisis de componentes principales y un análisis de factores (Field, 2013) con base en trabajos previos de Santos-Chávez (2014) y Alvarez *et al.* (2014).

Una vez identificados los grupos se establecieron diferencias de percepción con respecto a tecnologías de información y comunicación a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. 10 tecnologías de información y comunicación fueron consideradas en este estudio: teléfono fijo, teléfono móvil, mensaje sms, whats app, radio, televisión, computadora, internet, facebook y correo electrónico.

Para medir la importancia percibida por los productores hacia las TIC's se empleó una escala de Likert de 5 puntos en donde 1=nada importante y 5 =muy importante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron cuatro factores que explican el 70.91% de la varianza, de esta manera el factor 1 relacionado con tecnificación de la granja: aquí se incluyen variables como el uso de tecnologías de manejo del hato, alimentación, sanidad y reproducción, agrícolas y complementarias. Factor 2 características de la unidad de producción, incluidas venta de leche, tamaño de hato, e ingreso por día. Factor 3 transferencia de información: temas de interés del productor y principal forma de comunicación. Por último, factor 4 explica la relación entre uso de TIC's y experiencia del productor. Con ayuda de un dendograma se logró la visualización de cuatro grupos de productores, los dos más grandes formados por 48 productores y los dos más pequeños por 37 productores, las características de cada grupo se describen en el Cuadro 1.

Comunicación entre productores

En la zona la falta de infraestructura limita en cierta medida el uso de TIC's tal podría ser la razón por la cual los productores prefieren la comunicación personal sobre las TIC's, sin embargo podemos encontrar que el uso de estas no está del todo ausente, siendo el uso de teléfonos móviles una opción viable de comunicación aun manifestándose la falta de infraestructura de telecomunicaciones, de esta manera podemos darnos cuenta que una de las fortalezas del grupo dos, es el uso de estas tecnologías en su comunicación y obtención de información ya sea para uso personal o aplicación en su unidad de producción. Caso contrario al grupo 4 en el que a pesar de mencionar el uso de teléfonos móviles no lo hacen de forma directa ya que de acuerdo a



información rescatada de entrevistas con integrantes de este grupo, el uso de las TIC's es en su mayoría por familiares cercanos o personas con las que tienen contacto frecuente. (Cuadro 2) esto concuerda en cierta medida con Läßle *et al.* (2015) que encontraron que la edad de los productores tiene un efecto negativo sobre el uso de tecnologías dado que en general ellos tienen un horizonte temporal más corto que considerar, y el uso de innovaciones no está dentro de sus prioridades.

Cuadro 1. Características de grupos de productores de leche a pequeña escala.

Características	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Número de productores	48	48	37	37
Edad	60	46	47	53
Experiencia (años)	40	20	20	29
Escolaridad (años)	6	9	6	6
Uso de tecnologías*	50%	50%	50%	30%
Tamaño de hato	16	10	10	15
Superficie disponible	4.8/3.3	2/2	2/2	1.8/2.1
Acceso a créditos	18.75%	No	No	No
Integrantes de familia	3 a 4	4	4.5	4.5
Mano de obra externa	Permanente/ temporal	Temporal	Temporal	Permanente/ temporal
Principal fuente de ingresos	Venta de leche	Venta de leche	Venta leche	Venta de leche
Fuente alterna de ingresos	No	Si 64.5%	Si 32%	No

*se consideraron 43 tecnologías de diferentes rubros: tecnologías de manejo del hato (9), alimentación (6), sanidad y reproducción (9), agrícolas (14) y complementarias (5).

Cuadro 2. Comunicación entre productores de leche a pequeña escala.

Comunicación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Principal forma de comunicación	Personal	Personal/Teléfono	Teléfono	Personal
Redes sociales	2.08%	10.41%	2.70%	8.10%
Uso de internet	6.25%	29.16%	5.40%	8.10%
Teléfono Móvil	39.5%	70%	59.45%	37.83%

Importancia de las tecnologías de información y comunicación

Los productores consideran al radio y televisión como medios de entretenimiento, mas, que como medios de comunicación e información, contrastando con los medios novedosos como son los medios digitales (computadora, Facebook, internet, correo electrónico) que aunque son populares en la comunicación, son considerados como poco a nada importantes en la zona, por otro lado el teléfono móvil es percibido como el medio de comunicación más importante, al ser catalogado por el grupo 2 como “importante” y “poco importante” por el grupo 3 (Cuadro 3). En este estudio, se contempló a los mensajes de texto (SMS) y *whatsapp* como aplicaciones independientes al teléfono móvil.



Es importante mencionar que los mensajes sms y whatsapp también tiene una importancia considerable para los productores y juntos (teléfono móvil, sms y whatsapp) en algún momento podrían ser prioritarios para la comunicación en zonas rurales.

Cuadro 3. Importancia de las tecnologías de información y comunicación por grupo de productores.

Grupo de Tecnologías	Grupo 1 media (D.E)	Grupo 2 media (D.E)	Grupo 3 Media (D.E)	Grupo 4 Media (D.E)	<i>p</i>
Teléfono fijo	1.3(0.8)	1.3 (0.9)	1.0 (0.3)	1.0 (0.3)	.138
Teléfono móvil	2.3 ^{ac} (1.7)	3.1 ^{bc} (1.8)	2.2 ^{ac} (1.5)	2.1 ^a (1.6)	.137
Mensajes sms	2.1 (1.6)	2.6 (1.8)	1.7(1.4)	2.1(1.4)	.054
WhatsApp	1.4 (1.1)	2.2 (1.7)	1.5 (1.2)	1.8 (1.5)	.022
Radio	1.3(0.8)	1.6 (1.3)	1.4(1.0)	1.3(.9)	.224
Televisión	1.4(1.0)	1.7(1.4)	1.7(1.4)	1.5(1.2)	.117
Computadora	1.1(0.5)	1.6 (1.3)	1.1 (0.6)	1.1 (0.7)	.087
Internet	1.2(0.5)	1.7 (1.4)	1.1 (0.7)	1.2 (0.9)	.056
Facebook	1.1(0.5)	1.5(1.1)	1.0(0.2)	1.2(0.9)	.567
Correo electrónico	1.2 (0.5)	1.6(1.3)	1.0(0.1)	1.2(0.9)	.512
Media general	1.4 ^b (0.9)	1.9 ^{ab} (1.4)	1.4 ^a (0.8)	1.5 ^a (1.0)	.833
Total tecnologías:10					

* valor de P en la prueba de kruskal-wallis. **Literales diferentes indican grupos diferentes. Escala: 1= nada importante; 2=poco importante;3= importante; 4=bastante importante; 5=muy importante.

CONCLUSIONES

Los sistemas productivos se rodean de múltiples factores que intervienen en su estructura y desarrollo a través del tiempo, de esta manera existen muchos tipos de granja, lo que dificulta diseñar estrategias enfocadas a cada una de ellas, por lo tanto, el conocer cómo se agrupan las unidades de producción, facilita el diseño de estrategias enfocadas a promover tecnologías adecuadas para cada grupo de productor. En este sentido una vez identificadas las formas de comunicación preferidas por los productores se deberían utilizar como herramientas promotoras de innovaciones, lo que en determinado momento le facilitara a oficinas gubernamentales y extensionistas la diseminación óptima de las mismas. Por otro lado, la difusión de estas estrategias va ligada a la forma en que se estructuran redes de comunicación y la manera en que éstas pueden influir sobre los tomadores de decisiones, Se recomienda ampliamente identificar actores locales clave que faciliten y promuevan la comunicación y uso de tecnologías entre los diferentes grupos identificados en la zona.

LITERATURA CITADA

Álvarez, S., W. Paas, K. Descheemaeker, P. Tiftonell and J. C. J. 2014. Constructing typologies, a way to deal with farm diversity: general guidelines for the Humidtropics. Constructing typologies, a way to deal with farm diversity: general guidelines for the Humidtropics. Report for



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 6 (Suplemento 2), 2019 16-18 de octubre ISSN:2007-9559
Memoria de artículos en extenso y resúmenes
“XLVI Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción
Animal y Seguridad Alimentaria, A. C.”

the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. Plant Sciences Group, Wageningen University, the Netherlands.

Broman, K. W. and K. H. Woo. 2018. Data Organization in Spreadsheets, *The American Statistician* 72(1): 2-10. doi: 10.1080/00031305.2017.1375989

Field. 2013. *Discovering Statistics Using SpSS (and sex and drugs and rock 'n' roll)* SAGE Publications Ltd 1 Oliver's Yard 55 City Road London EC1Y 1SP. ISBN 978-1-84787-907-3.

Inagaki, N. 2007. *Communicating the Impact of Communication for Development: Recent Trends in Empirical Research*. The World Bank, Washington, DC. pp. 1-62.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2013. Continuo de elevaciones mexicano. Chihuahua, Chih., México. En: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continuoelevaciones.aspx> Consultado 22 noviembre 2016.

Läpple, D., A. Renwick and J. J. Cull. 2015. What drives innovation in the agricultural sector? A spatial analysis of knowledge spillovers. *Land Use Policy* 56 (2016) 238-250.

Masendeke, A., J. Kamuzhanje and R. Sithole. 2010. *Participatory extension approaches in Zimbabwe*. Ministry of Agriculture. Mechanisation and Irrigation Development Practical Action Southern Africa, Harare.

Moyo y Salawu. 2018. A survey of communication effectiveness by agricultural extension in the Gweru district of Zimbabwe. *Journal of Rural Studies* 60: 32-42.

Murisa, T. y T. Chikweche. 2015. *In: Beyond the Crises: Zimbabwe's Prospects for Transformation*. Weaver Press, Cape Town.

Rathod, P. y M. Chander. 2014. Identification of socio- economically important dairy innovations in India: A perspective of scientists. E. Karamidehkordi (eds), *Proceedings of the First International Conference of the Asia and Pacific Islands Rural Advisory Services (APIRAS) and the Fifth Congress of Extension and Education in Agriculture and Natural Resources Management: Facilitating Information and Innovations for Empowering Family Farmers*. 2-4 September, 2014, University of Zanjan, Iran. 101 p.

Rogers, E. M. 2003. *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press.

Santos-Chávez, V. M. 2014. *Tipología de productores agropecuarios para la orientación de políticas públicas: Aproximación a partir de un estudio de caso en la región Texcoco, Estado de México, México*.

Valles, M. 2009. *Entrevistas Cualitativas*. Madrid: Centro de investigaciones sociológicas. 195 p.

Vogt, W. P. y B. R. Johnson. 2016. *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 5ª. ed. United States of America: Sage publications. **SE-11**