

## Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest Mexico: producers, resources and problematic

### Caracterización del sistema bovino doble propósito en el noroeste de México: productores, recursos y problemática

Venancio Cuevas-Reyes<sup>1</sup> Ph.D, César Rosales-Nieto<sup>2\*</sup> Ph.D.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis, San Luis Potosí, 78431, México. \*Correspondence: [nieto\\_cesar@hotmail.com](mailto:nieto_cesar@hotmail.com)

Received: July 2017; Accepted: November 2017.

#### ABSTRACT

**Objective.** The present study consisted in characterizing the dual-purpose cattle system and the factors that limit the productivity of this system in northern Sinaloa, Mexico. **Material and Methods.** We applied a survey to 214 producers and we analyzed the data with analyses of factors and conglomerate. **Results.** The analysis of factors identified five components: resources level, productivity, technological level, livestock management and socioeconomic aspects and these components explain 70.5% of the total cumulative variance. The conglomerate analysis identified three clusters: cluster 1 (52.5%, 105 producers) defined as a system focused on milk production. Cluster 2 (41.5%, 83 producers) defined as traditional farms of meat and milk production and Cluster 3 (6%; 12 producers) defined as farms focused on meat production. The three clusters present similar livestock management ( $p>0.05$ ). The producers base their feeding strategies on grazing rangeland with seasonal supplementation of silage and commercial concentrate; however, each cluster differed ( $p<0.05$ ) in the level of use of these resources. **Conclusion.** The present study identifies, in the dual-purpose cattle system in northern Sinaloa, low milk yield and limit forage resources as main problems that results in multiple strategies that the producers follow to solve it. The social aspects and the level of resources (land, animals, machinery and equipment and infrastructure) play an important role therefore they must be considered independently to help to define differentiated technological strategies.

**Keywords:** dry tropics, productive resources, problems, livestock grazing (*Source: CAB*).

#### RESUMEN

**Objetivo.** El estudio consistió en realizar una caracterización del sistema bovinos de doble propósito y los factores que limitan la productividad de este sistema en el norte de Sinaloa, México. **Materiales y Métodos.** Se aplicó una encuesta a 214 productores y la información se analizó mediante un análisis de factores y de conglomerados. **Resultados.** El análisis de factores identificó cinco componentes; nivel de recursos, productividad, nivel tecnológico, manejo del ganado y aspectos socioeconómicos. Estos cinco factores explican el 70.5% del total de la varianza acumulada. El análisis de conglomerados identificó tres clústers o grupos: Clúster 1 (105 productores, 52.5%) se definió como sistema enfocado a la producción de leche, Clúster 2 (83 productores, 41.5%) definido como explotaciones tradicionales

productoras de carne y leche y Clúster 3 (12 productores, 6%) definido como explotaciones enfocadas la producción de carne. Los tres clústers presentan un manejo similar del ganado ( $p > 0.05$ ). Los productores de los clústers basan sus estrategias de alimentación del ganado en el pastoreo con suplementación estacional de ensilaje y concentrado comercial, no obstante, cada clúster tiene diferentes ( $p < 0.05$ ) niveles de uso de recursos. **Conclusiones.** El presente estudio identificó, en los sistemas bovino de doble propósito del norte de Sinaloa, como problemas principales una baja producción de leche y escasez de forraje que se manifiesta en múltiples estrategias que siguen los productores para resolverla. Los aspectos sociales y el nivel de recursos (tierra, animales, maquinaria, equipo e infraestructura) juegan un papel importante por lo que deben de ser considerados de manera independiente para la definición de estrategias tecnológicas diferenciadas.

**Palabras clave:** trópico seco, recursos productivos, problemática, pastoreo del ganado (*Fuente: CAB*).

## INTRODUCTION

Mixed farming systems, where crops and livestock are integrated into the same farm, are the base of smallholder production in developing countries (1). This system is also known as dual-purpose bovine system (DPBS) and in Latin America is one of the most relevant activity in rural areas (2). To address the food problems of this growing population, it would be necessary to increase food production by 70%, for which developing countries need to double up their production (3). The DPBS is characterized by having production units whose purpose is to produce and sell animal products: dairy products and/or meat (2). The producers of DPBS produce around 50% of cereals, 75% of dairy products (mainly milk), 65% of beef meat and 55% of lamb meat which turns out that this contributes with about half of the world's food (4).

In Mexico, the DPBS are associated with tropical vegetation that covers 26.4 million hectares. The distribution of the area related to this type of vegetation in the national territory is about 28.3%; which, 12.2% correspond to the humid tropic and 16.1% to the dry tropic (5). Recently, several authors have studied the DPBS in Mexico (6-8); however, most of the studies were done in conditions of humid tropical area. To our knowledge, there is limited information regarding studies that characterize the DPBS in the conditions of dry tropical area, which, reflects in its seasonal changes a difference between the wet season (vegetation with lush greenery) and the dry season (vegetation without foliage) in relation to the availability of humidity and moisture. In the north of Sinaloa, Mexico, this weather and vegetation conditions are present and sometimes the dry season can extend up to eight months (9).

The production units of the DPBS contribute up to 37% of the national production, which is up to 10.5 million liters of milk (10). However, the production potential of the producers from the DPBS could be increased if government

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas mixtos, en donde se integran en una misma finca los cultivos y el ganado son la columna vertebral de la producción de pequeños productores en los países en desarrollo (1). Estos sistemas de producción mixto son también conocidos como sistema bovino de doble propósito (SBDP) y, en América Latina, son una de las actividades más relevantes en el medio rural (2). Para enfrentar los problemas de alimentación de esta creciente población, es necesario aumentar la producción de alimentos en un 70%, lo que significa que la producción en los países en desarrollo tendría que duplicarse (3). El SBDP, se caracteriza por tener unidades de producción cuya finalidad es producir leche o queso y animales para rastro: becerros y hembras de deshecho (2). Los agricultores de los sistemas agrícolas mixtos producen casi la mitad de los alimentos del mundo (4): a nivel mundial, alrededor del 50% de los cereales y en los países en desarrollo alrededor del 65% de la carne de vacuno, el 75% de la leche y el 55% del cordero proceden de este sistema de producción.

En México los SBDP están asociados a una superficie con vegetación tropical de 26.4 millones de hectáreas en selvas. La distribución porcentual de la superficie relacionada a este tipo de vegetación en el país es de 28.3%; de la cual, 12.2% corresponde al trópico húmedo y 16.1% a trópico seco (5). En años recientes, el SBDP en México se ha estudiado con amplitud (6-8); sin embargo, la mayoría de estos estudios corresponden a la zona de trópico húmedo. Pocos estudios caracterizan este sistema de producción en las condiciones del trópico seco, el cual, refleja en sus cambios estacionales del clima una marcada diferencia entre la época húmeda (vegetación con exuberante verdor) y la época seca (vegetación sin follaje) en relación con la disponibilidad de humedad. El norte de Sinaloa se encuentra en la zona de trópico seco, la cual tiene como característica principal que los periodos de sequía pueden extenderse hasta casi ocho meses al año (noviembre a junio) (9).

generate differentiated policies and strategies if technological intervention. Therefore, it is important to identify differences and needs among the producers; thus, develop production strategies according to their needs, including resources and problems, in order to improve the efficiency of DPBS in this region. The objective of the present study is characterizing the DPBS and the factors that limit the productivity of this system in northern Sinaloa, Mexico.

## MATERIAL AND METHODS

**Study area.** We did a survey on DPBS producers from three municipalities (Ahome [26°21'08" NL 109°24'20" WL], El Fuerte [26°26'45" NL and 108°37'17" WL] and Guasave [25°27'10" NL 108°48'05" WL]) of the North of Sinaloa. The weather in Sinaloa is considered dry, sub-humid and semi dry; however, in only 2% of the territory (highlands) the weather is considered sub-humid (5). In Sinaloa, there are 27,022 bovine (beef and dairy) production units and the north area has 38.7% of these production units (11). It is important to mention that the producers from Ahome and Guasave are located in the irrigation area; while the producers from El Fuerte are located in the area under rainfed conditions.

**Producers and Surveys.** In 2015, the Mexican government implemented a national rural extension program called "Proyectos Integrales de Extensión e Innovación". This program provided extension service to organized producers. In northern Sinaloa, producers from the DPBS in Guasave (n=40), Ahome (n=134) and El Fuerte (n=40) were identified and included in this program. Therefore, the sampling size of the data were of 214 surveys.

Due to the importance of cattle production in this region; we adequated and applied a structured survey to determine the diagnosis of the production units from the DPBS.

The survey contained information of the producers about general information, social and economic aspects, the type of property, inventories (animals, agricultural land, rangeland and water sources), facilities (infrastructure, machinery and equipment), animal reproduction, livestock feeding and supplementation, livestock health, milking and commercialization of livestock products.

**Data collection.** In July, six agricultural extension agents applied the survey to producers, in their production unit, from the municipalities considered. The database considered 214 applied

Las unidades de producción del SBDP en México aportan el 37% del total de la producción nacional de leche, la cual asciende a 10.5 millones de litros de leche (10). Sin embargo, el potencial de producción de los productores del SBDP en el país podría incrementarse si el gobierno genera políticas y estrategias de intervención tecnológica diferenciadas. Por lo tanto, es importante identificar las diferencias y necesidades entre los productores y desarrollar estrategias de producción de acuerdo con sus recursos y problemática para mejorar la eficiencia del SBDP en esta región. El objetivo del presente estudio consistió en realizar una caracterización del sistema de bovinos doble propósito, así como identificar los factores que limitan la productividad de este sistema en el norte de Sinaloa, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se realizó a través de la aplicación de encuestas directas a productores del SBDP en tres municipios del Norte de Sinaloa (Ahome [26°21'08"LN 109°24'20"LW], El Fuerte [26°26'45"LN 108°37'17"LW] y Guasave [25°27'10"LN 108°48'05"LW]). El clima en la región norte es muy seco, el resto del estado tiene climas cálido subhúmedo, clima seco, semiseco, y solo 2% del estado tiene clima templado subhúmedo en las partes altas de la Sierra (5). En Sinaloa, existen 27,022 unidades de producción con ganado bovino y la zona norte cuenta con 38.7% de estas unidades productivas (11). Es importante señalar que los productores del SBDP de Ahome y Guasave se ubican en zona de riego, mientras que gran parte de los productores del municipio de El Fuerte se encuentran en áreas de temporal.

**Selección de productores y encuesta.** En 2015, el gobierno mexicano implementó un programa nacional de extensión rural denominado "Proyectos Integrales de Extensión e Innovación". Este programa otorgaba el servicio de extensión rural a grupos organizados de productores. En el norte de Sinaloa se identificó la participación de cuatro grupos de productores participantes en este programa; en el municipio de Guasave se constituyó un grupo de 40 productores, en Ahome se integraron cuatro grupos con 134 productores y en el municipio de El Fuerte se constituyó un grupo con 40 productores, todos pertenecientes al SBDP. La información del presente estudio corresponde a este marco muestral (n=214).

Por la importancia ganadera de esta región, se adecuó una encuesta estructurada en

surveys; however, we identified 14 surveys with atypical data; therefore, we do not consider those surveys in the analyses. Thus, we analyzed 200 surveys; which 17.5% are from El Fuerte, 20% are from Guasave and the rest (62.5%) from Ahome.

**Variables.** According to previous studies about the characterization of farm systems (7,12), sixteen quantitative variables were identified to characterize DPBS production in northern Sinaloa. The variables used were: 1) years of technical assistance, 2) age, 3) employees, 4) distance to the municipality, 5) number of sires, 6) number of cows, 7) number of animal units (UA), 8) total agricultural area, 9) infrastructure index, 10) machinery and equipment index, 11) weaning age, 12) weaning weight, 13) milk volume per day, 14) liters per cow per day, 15) liters per cow per hectare and, 16) income per sale of milk per day. The variable "index of machinery and equipment" was obtained from the analysis of 15 items that constituted it; plow, tractor, harrow, chopper, hammer mill, water pump, backpack pump, scale, artificial insemination thermos, mechanical milking machine, rennet tubs, cooler tank, skimmer, truck, trailer. The variable "infrastructure index" was composed of: management pen, milking parlor, milking pen, calving pen, chute, heifers, stalls, tick bath, feeders, drinking troughs, electric fence, warehouse, silos, workshop of dairy products, pasture area. Each item was categorized with 1 if the producer had it or 0 otherwise. The index was obtained by dividing the total number of items found in each variable by 15%. The typology of producers was obtained through the application of multivariate methods: principal component analysis (PCA) and cluster analysis (7, 13). The Kolmogorov-Smirnov test was applied to test the hypothesis of normality of the selected variables.

**Principal component analysis (PCA).** The main application of the PCA is focused on reducing the size of the data space, making synthetic descriptions and simplifying the problem that is studied (13). The sixteen variables were standardized to estimate the correlation matrix used in principal component analysis. The extraction method was the principal components with varimax rotation, which is an orthogonal rotation method that minimizes the number of variables with high saturations in each factor. Additionally, with the aid of the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) we evaluated the index by the sampling adequacy and, furthermore, the correlation matrix was identified with the aid of the Bartlett sphericity test. The principal components with own values above 1 were used in the following cluster analysis.

secciones para elaborar el diagnóstico de las unidades de producción del SBPD. Las secciones fueron: información general, aspectos sociales y económicos, tipo de propiedad, inventarios (animales, tierras de uso agrícola, tierra de agostadero, fuentes de agua), instalaciones (infraestructura, maquinaria y equipo), problemática de reproducción animal, alimentación y suplementación del ganado, sanidad pecuaria, manejo de ordeño y finalmente, comercialización de productos pecuarios.

**Colecta de datos.** La encuesta se realizó con el apoyo de seis agentes de extensión agrícola y se aplicó directamente en el rancho del productor durante el mes de julio de 2015. En el análisis de la información fueron identificadas 14 encuestas con datos atípicos por lo que solo fueron considerados 200 entrevistas para el estudio. La distribución de las encuestas por municipio fue la siguiente: 17.5% se aplicaron en el Municipio de El Fuerte, 20% en el municipio de Guasave, y 62.5% en el municipio de Ahome.

**Variables utilizadas.** De acuerdo a diferentes estudios realizados sobre caracterización de sistemas agropecuarios (7,12) se identificaron 16 variables cuantitativas para caracterizar la producción del SBPD en el norte de Sinaloa. Las variables utilizadas fueron: 1) años de asistencia técnica, 2) edad, 3) empleados, 4) distancia al municipio, 5) número de sementales, 6) número de vacas, 7) número de unidades animal (UA), 8) superficie agrícola total, 9) índice de infraestructura, 10) índice de maquinaria y equipo, 11) edad al destete, 12) peso al destete, 13) volumen de leche por día, 14) litros por vaca por día, 15) litros por vaca por hectárea y, 16) ingresos por venta de leche al día. La variable "índice de maquinaria y equipo" se obtuvo a partir del análisis de 15 implementos que la constituían; arado, tractor, rastra, picadora, molino de martillo, bomba de agua, bomba de mochila, báscula, termo de inseminación artificial, ordeñadora mecánica, tinas de cuajo, tanque enfriador, descremadora, camioneta, remolque. En tanto la variable "índice de infraestructura" estuvo integrada por: corral de manejo, sala de ordeña, corral de ordeño, paridero, manga para manejo, becerrerías, echaderos, baño garrapaticida, comederos, bebederos, cerco eléctrico, bodega, silos, taller de lácteos, área de potrero. Cada artículo fue categorizado con 1 si el productor contaba con esa infraestructura 0 en caso contrario. El índice fue obtenido dividiendo el total de artículos encontrados en cada variable entre 15 por 100. La tipología de productores fue obtenida a través de la aplicación de métodos multivariados: análisis de componentes principales (ACP) y análisis clúster

**Hierarchical analysis of clusters.** The optimal cluster number was identified by hierarchical cluster analysis. To obtain the conglomerates the Ward method and the Euclidean distance squared were applied, which has been used before in typology studies of producers with homogeneous characteristics (14)

**Statistical analysis.** Once the production units were grouped, non-parametric test U of Kruskal-Wallis was used, analysis of variance for quantitative variables and tests of Chi square for qualitative variables to determine the differences ( $p < 0.05$ ) among groups. Data analyses used the MINITAB and statistical package SPSS 15.0 (15)

## RESULTADOS

**Principal Component Analysis.** According with the data analyzed; the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) statistic obtained showed a value of 0.699, which indicates a good sample adequacy to apply a factor analysis (16). The Barlett test of sphericity was significant ( $X^2$ : 1832.48;  $p < 0.001$ ). Therefore, the analysis of main components of the retained variables proved to be an acceptable, reliable and appropriate model. In table 1, we present the matrix of the rotated factor (Varimax) of independent variables with factor loads for each variable. The commonality column shows the total amount of variance of each variable retained in the factors. In total, 16 variables were included in the principal component analysis, of which five main components with eigenvalues greater than one were conserved for a later analysis.

These five components explained 70.5% of the total variability in the data set. The first component explains 24.1% of the variation and correlates with the number of sires, the number of cows, the number of animal units (AU) and the total area. Therefore, the component represents the level of resources that the production unit has. The components 2, 3, 4 and 5 explain 19.6%, 11.5%, 8.2% and 7% of the variance respectively. Component 2 is correlated with the total milk volume of the herd, liters of milk per cow per day, liters of milk per cow per hectare and milk income obtained by selling milk per day, which represents the productivity in the DPBS. Component 3 is correlated with the number of years that the production unit has received technical assistance and the machinery and equipment index, which represents the production unit's technological level. Component 4 is correlated with variables of productive management (age and weaning weight of calves). Finally, component 5 is correlated with

(7,13). Se aplicó la prueba Kolmogorov-Smirnov para contrastar la hipótesis de normalidad de las variables seleccionadas.

**Análisis de componentes principales (ACP).** La mayor aplicación del ACP está centrada en reducir la dimensión del espacio de los datos, hacer descripciones sintéticas y simplificar el problema que se estudia (13). Las 16 variables fueron utilizadas para estimar la matriz de correlación. El método de extracción fue el de componentes principales con rotación varimax, el cual es un método de rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor. Posteriormente, se evaluó la suficiencia de muestreo utilizando la medida de adecuación del muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y, además, se realizó la prueba de Barlett para evaluar la hipótesis nula de esfericidad. Las nuevas variables identificadas en los componentes principales con valores propios superiores a uno se utilizaron en el análisis clúster para la identificación de grupos homogéneos de productores del SBDP en el norte de Sinaloa.

**Análisis jerárquico de clúster o conglomerados.** El número óptimo de clúster se identificó mediante el análisis de agrupamiento jerárquico. Para la obtención de los conglomerados se aplicó el método de Ward y la distancia euclidiana al cuadrado, el cual ha sido utilizado por diversos autores en estudios de tipología de productores (14).

**Análisis estadístico.** Una vez agrupados las unidades de producción, se utilizaron pruebas no paramétricas U de Kruskal-Wallis, análisis de varianza para variables cuantitativas y pruebas de Ji cuadrada para variables cualitativas para determinar las diferencias ( $p < 0.05$ ) entre los grupos. El análisis estadístico de la información fue realizado con MINITAB y el paquete estadístico SPSS 15.0 (15).

## RESULTADOS

**Análisis de componentes principales.** De acuerdo a los datos analizados se puede comprobar una buena adecuación muestral para un análisis factorial (16): el estadístico Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) presenta un valor de 0.699. La prueba de Barlett de esfericidad fue significativa ( $X^2$ : 1832.48;  $p < 0.001$ ). Por lo tanto, el análisis de componentes principales de las variables retenidas resultó ser un modelo aceptable, fiable y apropiado. La Tabla 1 muestra la matriz del factor rotado (Varimax) de variables independientes con cargas factoriales para cada variable. La columna de comunalidad



**Tabla 1.** Principal components from clusters identified in the DPBS of northern Sinaloa.

Variable	C1	C2	C3	C4	C5	Community
Technical assistance (years)	-.141	.142	<b>.800</b>	-.103	.374	.831
Age (years)	.138	-.116	-.026	.043	<b>.620</b>	.419
Employee (#)	.470	-.187	.405	-.082	-.247	.487
Distance municipality (km)	.079	-.292	.523	-.007	-.105	.375
Sires (#)	<b>.803</b>	.029	.075	.011	.051	.653
Cows (#)	<b>.851</b>	.123	.020	-.001	.315	.839
Animal unit (#)	<b>.872</b>	.097	.047	.024	.308	.867
Total area (ha)	<b>.670</b>	-.099	.144	.112	-.348	.613
Index of infrastructure (%)	.570	-.030	.488	.110	-.221	.625
Index of machinery and equipment (%)	.398	.055	<b>.686</b>	-.036	-.113	.646
Weaning age (mo)	.056	-.062	-.132	<b>.909</b>	-.056	.853
Weaning weight (kg)	.024	.029	.043	<b>.918</b>	.098	.856
Milk production (lt/day)	.211	<b>.911</b>	-.073	-.012	-.083	.887
Milk/cow/day (lt)	-.210	<b>.800</b>	-.085	-.004	-.259	.758
Milk/cow/ha (lt)	-.108	<b>.776</b>	-.015	.013	.273	.688
Daily income milk (\$)	.185	<b>.915</b>	.016	-.046	-.075	.880
Eigenvalues	3.86	3.145	1.838	1.316	1.120	
Accumulative variance (%)	24.2	43.8	55.3	63.5	70.5	

Source: Own elaboration. Extraction method: principal component analysis. Rotation method: Kaiser with varimax. Rotation has converge in 11 interactions.

the age of the producer, thus, it represents social aspects of the person in charge of the production unit. Therefore, these five components could be named as "resources of the Production Unit" (C1), "livestock productivity" (C2), "technological level" (C3), "livestock management" (C4) and "social aspects" (C5).

#### Socioeconomic aspects of identified Clusters.

Cluster 1 is the most representative group (52.5%, 105 production units; G1) and was defined as DPBS with emphasis on milk production. Cluster 2 (41.5%, 83 production units; G2) was defined as traditional DPBS with milk and meat production. Cluster 3 (6%, 12 production units; G3) was defined as DPBS with an emphasis on meat production.

In table 2, we present the socioeconomic variables of the producers from the three clusters identified. Age of producers differed among clusters ( $p < 0.05$ ) with producers from G1 being the youngest and producers from G2 being the oldest. The number of familiar dependents differed among clusters and the income obtained from the sale of milk ( $p < 0.001$ ) with producers from G1 with more familiar dependents and with more income. The income obtained for the sale of calves differed among clusters ( $p < 0.05$ ) with producers from G3 with the highest income. Producers from all the clusters hire at least one employee along the year ( $p < 0.01$ ). The distance from the productive unit to the closest municipality differed among clusters ( $p < 0.01$ ); the producers from G2 are the closest to the municipality (Table 2).

muestra la cantidad total de varianza de cada variable retenida en los factores. En total, se incluyeron 16 variables en el ACO, de las cuales 5 componentes principales con valores propios mayores que uno se conservaron para un análisis posterior.

Estos cinco componentes explicaron el 70.5% de la variabilidad total en el conjunto de datos. El primer componente explica la variación del 24.1% y se correlaciona con el número de sementales, el número de vacas adultas, el número de unidades animal (UA) y la superficie total. Por lo tanto, el componente representa el nivel de recursos con los que cuenta la unidad de producción. Los componentes principales 2, 3, 4 y 5 explican el 19.6%, 11.5%, 8.2% y 7% de varianza respectivamente. El componente 2 está correlacionado con el volumen de leche total del hato, los litros de leche por vaca por día, litros de leche por vaca por hectárea y el ingreso de leche obtenido por venta de leche al día, que representa la productividad del SBDP. El componente tres está correlacionados con la cantidad de años que ha tenido asistencia técnica la UP, y el índice de maquinaria y equipo, que representa el nivel tecnológico de la UP. El componente 4 está correlacionado con variables de manejo productivo (edad y peso al destete de becerros). Finalmente, el componente 5 está correlacionado con la edad del productor por lo que esta representa aspectos sociales del responsable de la UP. Así, los cinco componentes principales podrían ser nombrados como "recursos de la UP" (C1), "productividad pecuaria" (C2), "nivel tecnológico" (C3), "manejo del ganado" (C4) y "aspectos sociales" (C5).

**Resources, productivity and technology variables.** The number of sires, the number of cows, the number of animal units differ among

**Tabla 2.** Socioeconomic characterization of from clusters identified in the DPBS of northern Sinaloa.

Variable	Clúster 1 (n=105)	Clúster 2 (n=83)	Clúster 3 (n=12)	p*
Familiar dependents (#)	2 <sup>a</sup> ±2	0 <sup>b</sup> ±1	0 <sup>b</sup> ±0	.000
Employee (#)	1 <sup>a</sup> ±1	1 <sup>a</sup> ±1	1.5 <sup>b</sup> ±1	.002
Distance municipality (km)	22 <sup>a</sup> ±24	20 <sup>a</sup> ±24	29.5 <sup>b</sup> ±19	.010
Milk income (US\$/day)**	9.4 <sup>a</sup> ±12.7	6.2 <sup>b</sup> ±9.4	0 <sup>b</sup> ±4.9	.000
Meat income (US\$/year)**	917 <sup>a</sup> ±2294	917 <sup>a</sup> ±1835	2753 <sup>b</sup> ±4244	.047

p\* is probability obtained by Kruskal-Wallis test.

\*\*Exchange rate 19.18 pesos per dólar (nov 2017).

clusters ( $p < 0.05$ ) favoring producers from G3. Milk production (per cow and per hectare) differed among clusters ( $p < 0.05$ ), favoring producers from G1. Total agricultural area differed among clusters ( $p < 0.05$ ) favoring producers from G3. Years receiving technical assistance, machinery and equipment index and infrastructure index differed among clusters ( $p < 0.05$ ), favoring producers from G3. Weight at weaning differed among clusters ( $p < 0.05$ ), but not age ( $p > 0.05$ ) (Table 3).

**Grazing and livestock health.** In north Sinaloa, producers from DPBS based their production on the grazing of different forage resources: grazing areas with crop residues (maize and sorghum), grazing on established pastures and grazing on rangeland areas with nutritional supplementation. In addition, the use of harvested forage and silage.

**Tabla 3.** Resources, production and technological variables from clusters identified in the DPBS of northern Sinaloa (mean±RIC\*).

Variable	Cluster 1 (n=105)	Cluster 2 (n=83)	Cluster 3 (n=12)	p**
Sires (#)	1 <sup>a</sup> ±1	1 <sup>a</sup> ±1	2 <sup>b</sup> ±3	.001
Total area (ha)	8 <sup>a</sup> ±10	8 <sup>a</sup> ±7	59.5 <sup>b</sup> ±47	.000
Employee (#)	1 <sup>a</sup> ±1	1 <sup>a</sup> ±1	1.5 <sup>b</sup> ±1	.002
Milk production (lt/day)	40 <sup>a</sup> ±50	25 <sup>b</sup> ±40	0 <sup>b</sup> ±19	.001
Milk/cow/day (lt)	2 <sup>a</sup> ±3	2 <sup>a</sup> ±4	0 <sup>b</sup> ±1	.001
Milk/cow/ha (lt)	3 <sup>a</sup> ±10	2 <sup>b</sup> ±6	0 <sup>b</sup> ±0	.000
Weaning age (mo)	8±5	8±4	9±2	.203
Weaning weight (kg)	180 <sup>a</sup> ±35	170 <sup>b</sup> ±30	185 <sup>a</sup> ±20	.001
Technical assistance (years)	0 <sup>a</sup> ±3	0 <sup>a</sup> ±2	2 <sup>b</sup> ±6	.018
Machinery and equipment (%)	7 <sup>a</sup> ±16	2 <sup>a</sup> ±8	25 <sup>b</sup> ±27	.001
Index of infrastructure (%)	3 <sup>a</sup> ±5	3 <sup>a</sup> ±3	15 <sup>b</sup> ±20	.000

\*RIC: intercuartílico range p\*\* Kruskal-Wallis test

### Aspectos socioeconómicos de los Cluster identificados.

El clúster 1 es el grupo más representativo (52.5%, 105 unidades de producción; G1) y fue definido como SBDP con énfasis en la producción de leche. El clúster 2 (41.5%, 83 unidades de producción; G2) fue definido como SBDP tradicional con producción de leche y carne. Finalmente, el clúster 3 (6%, 12 unidades de producción; G3) fue definido como SBDP con énfasis en la producción de carne.

En la tabla 2 se muestran las variables socioeconómicas de acuerdo a la clasificación de los clústers. La variable edad difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ), siendo los productores del G1 los más jóvenes y los productores del G2 los más viejos. El número de dependientes familiares y el ingreso económico por la venta de leche difirió entre clústers ( $p < 0.001$ ), siendo los productores del G1 los que cuentan con mayor cantidad de dependientes familiares y con mayor ingreso. El ingreso obtenido por la venta de becerros difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ), siendo los productores del G3 los que obtienen mayores ganancias. Los tres clústers contratan al menos un jornal a lo largo del año ( $p < 0.01$ ). La distancia al municipio más cercano también difirió entre clústers ( $p < 0.01$ ), siendo los productores del G2 los que se localizan más cerca del municipio (Tabla 2).

### Recursos, producción y variables tecnológicas.

La variable número de sementales, número de vacas y número de unidades animal difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ), favoreciendo a los productores de G3. La producción de leche (por vaca y por hectárea) difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ), favoreciendo a los productores del G1. El peso al destete difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ); pero no la edad ( $p > 0.05$ ). El total de superficie agrícola difirió entre clústers ( $p < 0.001$ ), favoreciendo a los productores del G3. Años recibiendo asistencia técnica, índices de maquinaria, equipo e infraestructura difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ), favoreciendo a los productores del G3 (Tabla 3).

**Pastoreo y sanidad pecuaria.** El SBDP en el norte de Sinaloa basa su sustento en el pastoreo de diferentes recursos forrajeros: pastoreo en residuos en áreas cultivadas (cultivos agrícolas de maíz y sorgo), pastoreo de praderas establecidas, y en el pastoreo de áreas de uso común denominado agostadero, combinado con la suplementación alimenticia. Además de la utilización de forrajes de corte y uso de ensilaje.

La disponibilidad de tierras de agostadero para el pastoreo del ganado, el uso de forraje de corte, ensilaje y concentrado difirió entre clústers ( $p < 0.05$ ). El pastoreo en residuos agrícolas, así

Availability of rangeland areas for grazing, the use of harvested forages, the use of silage and the use of concentrate differ among clusters ( $p < 0.05$ ). Grazing in rangeland with agricultural crops and harvested pastures does not differ among clusters ( $p > 0.05$ ). The use of artificial insemination did not differ among producers from the clusters ( $p > 0.05$ ) (Table 4).

**Tabla 4.** Use of forage resources and livestock health from clusters identified in the DPBS of northern Sinaloa.

Variable	Cluster 1 (n=105)	Cluster 2 (n=83)	Cluster 3 (n=12)	P*
Grazing in crop residues (%)	90.5	96.4	91.7	.283
Grazing (%)	53.3	59	66.7	.563
Grazing in rangeland (%)	50.5 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>	.002
Use of harvested forage (%)	22.9 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	.046
Use of silage (%)	15.2 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	.001
Use of concentrate (%)	20 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	83.3 <sup>b</sup>	.000
*Artificial insemination (%)	2.9	1.2	8.3	.317
Anaplasmosis (%)	48.6 <sup>a</sup>	51.8 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	.074
Diarrhea (%)	28.6	19.3	41.7	.145
Pneumonia (%)	21.9	13.3	25	.265
Mastitis (%)	23.8 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	25 <sup>a</sup>	.063

p\* Ji-square test.

Values within columns with different superscript letters are different ( $p < 0.05$ ).

\*AI was done only by 5 producers (C1:3; C2:1 and C3:1)

The most frequent diseases were anaplasmosis, diarrhea, pneumonia and mastitis. The presence of diseases reported by the producers did not differ among clusters ( $p > 0.05$ ). However, the presence of anaplasmosis ( $p = 0.07$ ) and mastitis ( $p = 0.06$ ) tended to differ (Table 4).

## DISCUSSION

**Characterization of the producer and productive unit.** The multivariate analysis has been used on countless occasions by several authors to identify homogenous groups within a production system and to classify and characterize production units in the agricultural field (17-19). Therefore, the present study through the multivariate analysis identified three groups or clusters of producers from the DPBS with similarities and differences in socioeconomic, productive and technological aspects. The characterization (producer's profile and production unit characteristics) of the agricultural systems and animal production is essential for the success of development policies and technology transfer. With the appropriate

como en praderas cultivadas no difirió entre clústers ( $p > 0.05$ ). El uso de inseminación artificial tampoco difirió entre clústers ( $p > 0.05$ ) (Tabla 4).

Las enfermedades más frecuentes fueron anaplasmosis, diarrea, neumonía y mastitis. Ninguna de las enfermedades más frecuentes difirió entre clusters ( $p > 0.05$ ; Tabla 4). Sin embargo, la presencia de anaplasmosis ( $p = 0.07$ ) y mastitis ( $p = 0.06$ ) tendió a diferir (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

**Caracterización de los grupos de productores y de la unidad productiva.** El análisis multivariado ha sido utilizado en múltiples ocasiones para clasificar y caracterizar unidades de producción en el ámbito agropecuario, diversos autores lo han utilizado para identificar grupos homogéneos en explotaciones agropecuarias (17-19). De tal manera que el presente estudio a través del análisis multivariado identifico tres tipos de clúster de productores del SBDP con similitudes y diferencias en aspectos socioeconómicos, productivos y tecnológicos. La caracterización (el perfil del agricultor y las características de la finca) de los sistemas agrícolas y de producción animal es esencial para el éxito de las políticas de desarrollo y la transferencia de tecnología. Teniendo la información adecuada se podrán desarrollar programas de apoyo para incrementar la eficiencia productiva de las unidades de producción del SBDP. Sin embargo, generalmente, las políticas de desarrollo rural se aplican sin tener en cuenta estos aspectos, teniendo un impacto limitado en la agricultura y la producción animal (8). Adicionalmente es de nuestro conocimiento que a lo largo del tiempo se han replicado este tipo de estudios y el impacto en los sistemas productivos es bajo o nulo. Es importante destacar que la edad de los productores del G1 en comparación con los productores del G2 y G3 puede ser una ventaja para la adopción de innovaciones y nuevo conocimiento pecuarios, ya algunos estudios identifican una relación inversa entre la edad y la adopción de tecnología (20).

Lo observado en el presente estudio sobre el número de años con asistencia técnica que tienen los productores y las unidades de producción concuerda con lo encontrado en estudios en México (19) y otras partes del mundo, que señalan una relación positiva en relación a esta variable (21). No obstante, resulta relevante que cuando se realiza el análisis por clúster, los resultados con respecto a dichos estudios difieren en el sentido de que a menor distancia de la UP habrá



information, support programs can be developed to increase the productive efficiency of DPBS production units. Unfortunately, in most cases, rural development policies are implemented without considering these aspects; thus limiting the possible impact on agriculture and animal production (8). It is of our knowledge that this type of studies have been replicated over time, however, the impact on productive systems is low or null. It is important to highlight that the age of producers from G1 compared to the age of producers from G2 and G3 may be an advantage for the adoption of innovations and new livestock knowledge; this is concur with another study that observed an inverse relationship between age and the adoption of technology (20).

The observed in the present study on the number of years with technical assistance that producers and production units have is consistent with previous studies in Mexico (19) and somewhere else, indicating a positive relationship in relation to this variable (21). However, when the analysis is done by cluster, the results with respect to these studies differ in the sense that at a lower distance from the production unit there will be greater adoption of technology and use of technical assistance.

The age of producers from G2 and G3 may be a limiting factor and it will require strategies for disseminate the technology appropriately to the cultural and socioeconomic conditions of this type of producer. If this is not the case, there is a risk of implement strategies of technological intervention focused on an average producer (22-23), which, as shown in the results, does not exist in reality, therefore, with the possibility of low impact on productivity of the DPBS. Besides characterizing the profile of the producers and the characteristics of the farm, in addition, it is necessary to explore deeper the characteristics of the productive system. The data will help us to elaborate and design strategies of technological intervention, which address the critical factors of each type of productive unit within achieving more efficiency in the use of natural, physical and human resources involved in production.

**Analyses of the DPBS: grazing and livestock health.** Overall, our results are in agreement with the previous study that indicate that the main problems of producers are related to shortage of forage during the dry period (24). This issue causes other problems related to undernutrition, such as low reproductive efficiency, low productivity and overuse of natural resources (soil, vegetation and water). A common feature of DPBS that often overlooked is the multifunctionality of the herds (25). The

mayor adopción de tecnología y uso de asistencia técnica. Sin embargo, nuestros resultados indican que al contar con mayores niveles de índices tecnológicos reflejados en mayor disponibilidad de infraestructura, maquinaria y equipo esta positivamente relacionado con los años de asistencia técnica como es el caso de los productores del G3. Es posible que la asistencia técnica reportada por estos productores sea asistencia técnica privada, dado el nivel de recursos que manejan.

La edad avanzada de los productores en el G2 y G3 requerirá de estrategias de divulgación de la tecnología apropiada a las condiciones culturales y socioeconómicas de este tipo de productor. De no ser así se corre el riesgo de implementar estrategias de intervención tecnológica genéricas y enfocadas a un productor promedio (22-23), que como se muestra en los resultados no existe en la realidad, del tal manera, llevan el riesgo de no tener impacto en la productividad del SBDP. Por lo anterior, además de la caracterización del perfil del productor y características de la finca, se requiere profundizar en las características del sistema productivo para poder elaborar y diseñar estrategias de intervención tecnológica que resuelvan los factores críticos de cada tipo de unidad productiva y pueda lograr una mayor eficiencia de los recursos naturales, físicos y humanos involucrados en la producción.

**Análisis del sistema agrícola mixto de pastoreo: uso del pastoreo y aspectos sanitarios del ganado.** De manera general nuestros resultados concuerdan con estudios previos en donde se indica que los principales problemas de los productores están relacionados fundamentalmente con la falta de forraje durante la época de sequía (24), lo cual ocasiona otros problemas relacionados a una mala alimentación (desnutrición, baja eficiencia reproductiva, baja productividad y sobre explotación de recursos naturales como son el suelo, vegetación y agua). Una característica común de los sistemas de cultivos mixtos que a menudo se pasa por alto, pero tipifica estos sistemas es la multifuncionalidad de los rebaños (25). Los animales en estos sistemas productivos son vistos como un fondo de ahorro, como disposición de capital para sufragar problemas en la misma unidad familiar, así como para el manejo del hato. De tal manera, que es común escuchar a los productores decir que, en época de sequía, "los animales se comen a los mismos animales", esto se explica en la medida que la falta de forraje ocasiona que se tengan que vender animales jóvenes o vacas adultas para alimentar al resto del ganado.

animals in this productive system are often, considered as a saving box and that can be used in times of need (family matter or animal management). Therefore, during the dry season producers sell young or mature animals in order to feed the most productive animals in the herd.

Most of the producers from the clusters (G1:50.5%, G2:42.2%, G3:100%) make use the rangeland during the wet season from one to three months to maintain the unproductive animals (heifers and dry cows). The results are consistent with a previous report, which indicated that the animals remained in the paddock for nine months and on the months of the dry season when shortage of forage occurs, the animals are retired from the paddock and fed with stubble and ground corn that were acquired at high prices (26). The use of grazing areas with crop residues (maize and sorghum), grazing on established pastures and grazing on rangeland areas represent an important variation in the quality and quantity of forage available (27). In the present study a higher percentage of producers from each cluster (G1:90.5%; G2:96.4%; G3:91.7%) reported grazing on areas with agriculture crop residues (sorghum or maize). Therefore, our observations concur to Valbuena et al (28), who indicated that grazing contributes between 10 and 90% of the diet of animals from the DPBS, depending on weather conditions and soil compaction.

The producers of the DPBS in the North of Sinaloa base their productivity on the intensive use of agricultural land available to them and the limited availability of machinery, equipment and infrastructure for livestock production. For example, on average, producers G1 and G2 have 8 hectares of land for crops that they use to feed between 21.6 and 24.4 animal units (this gives an stocking rate of 2.7 and 3.05 AU/ha for producers from G1 and G2, respectively). Therefore, producers need to follow different solution strategies for livestock feed. Therefore, 50% of producers with emphasis on meat production (G3) incorporate more resources and inputs for the feeding of the cattle (commercial concentrate, silage and harvested forage). On the other hand, the proportion of producers from G1 and G2 that use silage, buy commercial concentrate and use harvested forages is very limited. This can be explained because producers from G3 have more capital as reflected by their number of animals, agricultural and rangeland area.

Among the variables of management analyzed, we identified that the age at weaning was not similar among the producers of the different clusters and this could be explained by the

Los productores (G1:50.5%, G2:42.2% y G3:100%) hacen uso del agostadero comunal de uno a tres meses durante el periodo húmedo para el sustento del ganado improductivo (vaquillas y vacas secas). Los resultados concuerdan con un estudio anterior, en donde los animales permanecían en áreas con residuos agrícolas denominados "potreros" en un periodo de hasta nueve meses en los meses de sequía, donde ocurre la escasez de forraje, los animales reciben complemento alimenticio en base a rastrojo y maíz molido los cuales adquieren a precios elevados (26). El uso de pastos de cultivos anuales, pastoreo en praderas cultivadas, pastoreo de residuos en áreas agrícolas (maíz y sorgo), y pastoreo en tierras de uso común, presenta una importante variación estacional de calidad y disponibilidad (27). En el presente estudio un alto porcentaje de productores de cada clúster (G1:90.5%; G2:96.4%; G3:91.7%) señalaron realizar el pastoreo en residuos de cultivos agrícolas de sorgo o maíz. De tal manera, que nuestros resultados concuerdan con Valbuena et al (28), quienes indicaron que el pastoreo contribuye entre el 10 y 90% de la dieta del ganado en los sistemas mixtos dependiendo de las condiciones agroecológicas y presión de la tierra.

Los productores del SBDP en el norte de Sinaloa basan su productividad en el uso intensivo de la superficie agrícola de que disponen y la limitada disponibilidad de maquinaria, equipo e infraestructura para la producción ganadera. Por ejemplo, en promedio, los productores G1 y G2 cuentan con 8 hectáreas de tierra para cultivos que utilizan para alimentar entre 21.6 y 24.4 unidades animal (lo cual da una capacidad de carga animal de 2.7 y 3.05 UA/ha para el estrato G1 y G2, respectivamente). De tal manera que los productores tienen la necesidad de seguir diferentes estrategias de solución para la alimentación del ganado. Así el 50% de los productores con énfasis en la producción de carne (G3) son los que tienen una mayor incorporación de recursos e insumos para la alimentación del ganado (compra concentrado comercial, uso de ensilaje y uso de forrajes de corte). En contraste, el porcentaje de productores de G1 y G2 que utilizan concentrado, forrajes de corte y uso de ensilado es limitado. Esto puede explicarse en la medida que los productores del G3 cuentan con mayor capital representado por mayor número de animales, mayor superficie agrícola y de agostadero.

Entre las variables de manejo analizadas, se identificó que la edad al destete no fue similar entre los productores de los diferentes clústers y esto podría explicarse por el objetivo de cada

objective of each of the clusters identified. Livestock health problems identified by the producers did not differ among clusters and our results concur with previous reports conducted in a region with similar environmental condition (7). An additional issue, in addition, to the natural resources, productivity and social analyzed in the DPBS is the low use of technology as reflected by the variable of artificial insemination. This technology is used for only three producers from G1, one from G2 and G3. This could be due to the nutritional issue of the animals that is not totally solved in the region of study.

The problem of lack of forage can be reflected in these multiple feeding strategies and in turn influences the low milk productivity presented by the production units of G1 and G2. The milk production reported by these clusters is lower than 6 lt per cow/day as reported by Loaiza et al (29). These authors indicated that with the use of technological components in the conservation and production of forages is possible improve the livestock productivity in the northern region of Sinaloa.

In conclusion, the main problem of SBDP in northern Sinaloa is the low milk production. This problem is a consequence of the of the lack of forage due to the limited use of technology for the production of fodder and feeding of livestock, in addition to high stocking rate (3.05 and 2.7 AU / ha) in clusters G1 and G2. In the medium and long term, this situation will result in an over-used of the natural resources (land, vegetation) of the region. Therefore, it is necessary that the definition of technological intervention strategies consider the social variables and the amount of resources that each producer has in order to improve the efficiency of natural resources and increase livestock production in the study area.

uno de los grupos identificados. Los problemas sanitarios señalados por los productores no difirieron entre clústers y concuerda con observaciones previas obtenidas en una región con condiciones ambientales similares (7). Un problema adicional al nivel de recursos naturales, productivos y sociales analizados del SBDP es el bajo uso de tecnología, el cual se refleja en el componente de inseminación artificial, esta innovación solo es aplicada por tres productores del G1, uno del G2 y uno del G3, esto puede deberse a que el problema de alimentación animal no está resuelto en el SBDP de la región de estudio. El problema de escasez de forraje puede estar reflejado en estas múltiples estrategias alimenticias y a su vez influye en la baja productividad de leche que presentan las unidades de producción del G1 y G2. La producción de leche reportada por estos clústers es menor a los 6 litros por vaca por día reportados por Loaiza et al (29), quienes señalan que a través del uso de componentes tecnológicos en la producción y conservación de forrajes se pueden obtener mejoras en la productividad de ganado en la región norte de Sinaloa.

En conclusión, el problema principal del SBDP en el norte de Sinaloa es la baja producción de leche. Este problema es consecuencia de la escasez de forraje debido al limitado uso de tecnología para la producción de forrajes y la alimentación del ganado y adicionalmente a la existencia de una alta carga animal (3.05 y 2.7 UA/ha) en los clúster G1 y G2. En el mediano y largo plazo, esta situación ocasionará una sobre explotación de los recursos naturales (tierra, vegetación) de la región. De tal manera, que la definición de estrategias de intervención tecnológica debe considerar las variables sociales y la cantidad de recursos productivos con los que cuenta cada tipo de productor con el fin de mejorar la eficiencia de los recursos naturales e incrementar la producción pecuaria de la zona de estudio.

## REFERENCES

1. Herrero M, Thornton PK, Notenbaert AM, et al. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 2010; 327(5697):822-825.
2. Urdaneta F. Mejoramiento de la eficiencia productiva de los sistemas de ganadería bovina de doble propósito (*Taurus-Indicus*). *Arc Latinoamericanos Prod Anim* 2009; 17(3-4):109-120

3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. FAO [en línea]. 2009. [acceso 6 de mayo de 2017]; URL disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/Issues\\_papers\\_SP/La\\_agricultura\\_mundial.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf)
4. Wright IA, Tarawali S, Blümmel M, Gerard B, Teufel N, Herrero M. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *J Sci Food Agric* 2012; 92(5):1010-1015
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, 2016.
6. Absalón-Medina VA, Blake RW, Gene Fox D, Juárez-Lagunes FI, Nicholson CF, Canudas-Lara EG, et al. Economic analysis of alternative nutritional management of dual-purpose cow herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2012; 44(6):1143-1150.
7. Orantes-Zebadúa MA, Platas-Rosado D, Córdova-Avalos V, Santos-Lara MA, Córdova-Avalos A. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una Región de Chiapas, México. *Ecosistemas Rec Agrop* 2014; 1(1):49-58.
8. Albarrán-Portillo B, Rebollar-Rebollar S, García-Martínez A, Rojo-Rubio R, Avilés-Nova F, Arriaga-Jordán CM. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2015; 47(3):519-523.
9. Trejo VI. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Invest Geog* 1999; 39(2):40-52.
10. Coordinación General de Ganadería. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. *Claridades Agropecuarias* [en línea]. 2010. [acceso 6 de julio de 2017]; 207:34-43. ULR disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>
11. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. INEGI [en línea]. 2007. [acceso 5 enero de 2017]. URL disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx)
12. Cuevas-Reyes V, Loaiza-Meza A, Espinosa-García JA, Vélez-Izquierdo A, Montoya-Flores MD. Typology of dual-purpose cattle production farms in Sinaloa, Mexico. *Rev Mex Cien Pecu* 2016; 7(1):69-83.
13. Peña D. Análisis de datos multivariados. Madrid: McGraw Hill. 2002.
14. Martínez-García, C.G., Ugoretz, S.J., Arriaga-Jordán, C.M. and Wattiaux, M.A. Farm, household, and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders. *Trop Anim Health Prod* 2015; 47:311.
15. Pérez LC. Técnicas estadísticas con SPSS. España: Ed. Prentice Hall; 2001.
16. Hair JF, Black WC, Tatham RL, Anderson RE. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. London, United Kingdom: Prentice Hall International; 2010.
17. Castel JM, Mena Y, Delgado-Pertínez M, Camúñez J, Basulto J, Caravaca F, et al. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Rum Res* 2003; 47(2):133-143.
18. Köbrich C, Rehman T, Khan M. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multivariate analyses in Chile and Pakistan. *Agric Syst* 2003; 76(1):141-157.
19. Cuevas RV, Baca MJ, Cervantes EF, Espinosa JAG, Aguilar AJ, Loaiza MA. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa. *Rev Mex Cien Pecu* 2013; 4(1):31-46.
20. Polson R, Spencer DSC. The technology adoption process in subsistence agriculture: the case of cassava in southwestern Nigeria. *Agricultural Systems* 1991 (1):65-77.
21. Solís D, Bravo UEB, Quiroga ER. Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programs in Central America. *J Agric Econ* 2009; 60(1):202-219.
22. Riveiro JA, Marey MF, Marco JL, Alvarez CJ. Procedure for the classification and characterization of farms for agricultural production planning: Application in the Northwest of Spain. *Comp Electr Agric* 2008; 61(2):169-178

23. Blazy JM, Ozier-Lafontaine H, Doré T, Thomas A, Wery J. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agric Syst* 2009; 101(1):30-41.
24. Perales RMA, Fregoso TLE, Martínez ACO, Cuevas RV, Loaiza MA, Reyes JJE, et al. Evaluación del sistema agrosilvopastoril del sur de Sinaloa. Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural. Masera O, López RL editores. México: Edit. Mundiprensa; 2000.
25. Mekonnen S., Descheemaeker K, Tolera A, Amede T. Livestock water productivity in a water stressed environment in northern Ethiopia. *Experimental Agricul* 2011; 47(S1):85-98.
26. Bandín GJA, Loaiza M.A. Caso Exitoso GGAVATT Mayocoba en el Norte de Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [en línea]. 2011. [acceso 10 de noviembre de 2016]. URL disponible en: [http://utep.inifap.gob.mx/pdf\\_s/CASO%20EXITOSO%20SINALOA%202010%20ok.pdf](http://utep.inifap.gob.mx/pdf_s/CASO%20EXITOSO%20SINALOA%202010%20ok.pdf)
27. Murgueitio E, Calle Z, Uribea F, Calle A, Solorio B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecol Manag* 2011; 261(10):1654-1663.
28. Valbuena D, Homann-Kee Tui S, Erenstein O, Teufel N, Duncan A, Abdoulaye T, et al. Identifying determinants, pressures and trade-offs of crop residue use in mixed smallholder farms in sub-Saharan Africa and South Asia. *Agric Syst* 2015; 134(3):107-118.
29. Loaiza MA, Moreno GT, Reyes JJE, González GD, Valdez AJ, Astengo CH. Resultados del estado de Sinaloa 2010-2011. Unidad Técnica Pecuaria-INIFAP. 2011. [Consultado 8 Ago, 2017] [http://utep.inifap.gob.mx/pdf\\_s/INFORME%20UTEP%20SINALOA%202010-2011%20ok.pdf](http://utep.inifap.gob.mx/pdf_s/INFORME%20UTEP%20SINALOA%202010-2011%20ok.pdf)
30. Hamza MA, Anderson WK. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till Res* 2005; 82(2):121-145.