

# PRODUCCIÓN DE DESECHOS Y CONTAMINANTES DE LA LECHERÍA FAMILIAR PERIURBANA, EN OCOYUCAN, PUEBLA, MÉXICO

## WASTE AND CONTAMINANT PRODUCTION FROM PERI-URBAN FAMILY DAIRY PRODUCTION IN OCOYUCAN, PUEBLA, MÉXICO

Hernández-Zepeda, J.S.<sup>1</sup>; Vargas-López, S.<sup>2</sup>; Vargas-Monter, J.<sup>3\*</sup>; Cruz-Mendoza, M.L.<sup>1</sup>; Nieto-Aquino, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en ciencias ambientales del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria, Puebla, México C.P. 72570. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km. 125.5 carretera federal México-Puebla, C.P. 72760. <sup>3</sup>Ingeniería en Producción animal de Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Tepatepec Hidalgo C.P. 42660.

\*Autor de correspondencia: [jvargas@upfim.edu.mx](mailto:jvargas@upfim.edu.mx)

### RESUMEN

Se evaluó la contaminación de las unidades de producción de lechería familiar de la junta auxiliar San Bernabé Temoxtitla, de Ocoyucan, Puebla, México. Se caracterizaron y tipificaron 17 unidades de producción por análisis clúster. La estimación de contaminantes se realizó con la técnica ERFCA de acuerdo al código 1110g que refiere a granjas lecheras para estimar la demanda biológica de oxígeno. Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se calcularon con la metodología del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). El número de vacas fue la variable para la tipificación de producciones ( $p < 0.05$ ), se agruparon como de subsistencia (9.3), desarrollo (19) y orientadas al mercado (32.3). Las explotaciones de subsistencia generan más emisiones de contaminantes por litro de leche: 23 g de NO<sub>2</sub>, 64.1 g de CH<sub>4</sub> y 8.2 kg de DBO<sub>5</sub>; las explotaciones orientadas al mercado emiten: 15 g de NO<sub>2</sub>, 42.2 g de CH<sub>4</sub> y 5.4 kg de DBO<sub>5</sub>. La producción de desechos aumenta en unidades con mayor cantidad de animales. Se sugiere que la lechería familiar se reoriente hacia buenas prácticas de manejo y ambiente, para emitir menos contaminación por litro de leche producida.

**Palabras clave:** metano, óxido de nitrógeno, tipología.

### ABSTRACT

The contamination of the family dairy production units in the San Bernabé Temoxtitla auxiliary committee, from Ocoyucan, Puebla, México, was evaluated. Seventeen (17) production units were characterized and typified per cluster analysis. Estimating contaminants was performed with the ERFCA technique, according to the code 1110g which refers to dairy farms to estimate the biological demand for oxygen. Emissions of methane (CH<sub>4</sub>) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) were calculated with the methodology of the intergovernmental group of experts on climate change (IPCC). The number of cows was the variable used to typify production ( $p < 0.05$ ), they were grouped as subsistence (9.3), development (19), and market oriented (32.3). The subsistence farms generate more emissions of contaminants per liter of milk: 23 g NO<sub>2</sub>, 64.1 g CH<sub>4</sub> and 8.2 kg DBO<sub>5</sub>; the market oriented farms emit: 15 g NO<sub>2</sub>, 42.2 g CH<sub>4</sub> and 5.4 kg DBO<sub>5</sub>. The production of wastes increases in units with a higher number of animals. It is suggested for family dairy production to be reoriented toward good management and environmental practices, in order to emit less contamination per liter of milk produced.

**Keywords:** methane, nitrogen oxide, typology.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 7, julio. 2017. pp: 46-51.

**Recibido:** mayo, 2016. **Aceptado:** marzo, 2017.

## INTRODUCCIÓN

El sector ganadero en el mundo produce 9% del CO<sub>2</sub>, 65% de óxido nítrico, 37% de toda la producción de gas metano, y 64% de amoníaco, que contribuyen a la acidificación de la lluvia (FAO, 2006). Todos estos gases son producto del estiércol, los desechos y los gases intestinales de los animales. Paradójicamente el incremento de la población mundial demanda mayor producción de alimentos de origen animal. La demanda de carne pasará de 229 a 465 millones de toneladas en 2050, y la necesidad de lácteos subirá de 580 a 1043 millones de toneladas en el mismo periodo. El reto que tiene el sector ganadero es reducir el costo ambiental para producir una unidad de producto animal. La FAO y la Unión Europea proponen buscar soluciones técnicas en los sistemas de producción para la reducción de contaminantes y desechos. Los sistemas de producción de bovinos lecheros generan efluentes, tales como el purín, estiércol, aguas sucias de lavado de equipo e instalaciones que si no son bien manejados contribuyen a la contaminación del medio ambiente por patógenos, sólidos suspendido, malos olores y gases de efecto invernadero como metano y dióxido de nitrógeno. La generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelos de cultivo ocasionado por excretas de ganado, dependen de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del manejo del estiércol (Hristov *et al.*, 2013; Van Kessel y Russell, 1996). La ganadería lechera intensificada aumenta la producción de estiércol y una gran cantidad de nutrientes desechados y concentrados en un área pequeña, contrariamente con el modelo de

producción de traspatio de tipo familiar, donde su tamaño corresponde con la disponibilidad de tierra, lo que favorece el ciclo biológico de los nutrientes (Brunett, 2004). Los estudios de efluentes y contaminantes en sistemas de lechería familiar son escasos. La ausencia de conocimiento es señalado como una de dificultad mayor para asumir el reto de iniciar los procesos de reconversión ambiental y social que requiere la ganadería lechera (Murguettio, 2002). En México es pertinente el estudio de efluentes y contaminantes de la ganadería lechera, debido a que existen más de 789,000 unidades de producción de leche, de las cuales 127 mil son de producción de traspatio (familiar) con importancia social y económica, pues representan 35% de las unidades de producción lechera nacional y generar más de 200,000 empleos permanentes (Espinosa *et al.*, 2011). El objetivo del trabajo fue evaluar la emisión de contaminantes de las unidades de producción de lechería familiar basados en la técnica ERFCA y la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada es la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCA (Weitzenfeld, 1989) con las siguientes fases: **I.** Definición del área de estudio. Ésta se conformó por la junta auxiliar San Bernabé Temoxtitla, Ocoyucan, Puebla, México, donde se ubican las unidades de producción de lechería familiar. **II.** Conformación del grupo de trabajo, integrado por profesionales capacitados en el uso de la técnica ERFCA y con experiencia en investigación ambiental. **III.** Recolección de datos para las unidades de producción lecheras. Se identificaron y caracterizaron los sistemas de manejo incluyendo el contexto social en 17 unidades de producción y durante un año se dio seguimiento mensual a las explotaciones para registrar los desechos y material contaminante. Con la tipología de las explotaciones lecheras se formaron grupos con el procedimiento FASTCLUS del SAS (Usai *et al.*, 2006).

La estimación de los contaminantes derivados de los sistemas de producción de leche de traspatio se estimó con el catálogo ERFCA (Weitzenfeld, 1989). Las cargas de contaminación provenientes de efluentes industriales se estimaron de acuerdo al código 1110g que refiere a granjas lecheras, considerando el total de cabezas de ganado vacuno de cada tipo de producción y multiplicado por el factor propuesto para el cálculo de la DBO<sub>5</sub> (539 kg unidad<sup>-1</sup>). El cálculo de factores de desechos líquidos y contaminación para la producción ganadera consideró el número de cabezas de cada uno de los traspacios por el factor de desecho en bruto (17,337 kg vaca año<sup>-1</sup>) por el factor dado para la DBO<sub>5</sub> (539 kg vaca año<sup>-1</sup>). Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxidos nítricos (N<sub>2</sub>O) del hato lechero fueron calculadas a partir de las guías del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2006). La estimación de emisiones de óxidos nítricos (N<sub>2</sub>O) del hato lechero se realizó estimando la excreción de N por animal y por el sistema de manejo del estiércol en la unidad de producción aplicando las ecuaciones siguientes:

*Ecuación 1.* Excreción anual de N por bovino lechero

$$N_{ex}(T) = (N_{rate}(T) * TAM * 365) / 1000$$

Dónde:  $Nex(T)$ : Excreción anual de N por bovino lechero (kg de N animal año<sup>-1</sup>);  $Nrate$ =Tasa de excreción fija de N del bovino lechero en sistema de manejo de en región de Latinoamérica (0.48 kg año<sup>-1</sup>);  $TAM$ : Masa corporal promedio del tipo de bovino lechero (550 kg).

*Ecuación 2.* Nitrógeno excretado de acuerdo al sistema de manejo del estiércol en la unidad de producción.

$$Nex(SME)=N(T)*Nex(T)*MS$$

Donde:  $Nex(SME)$ : Nitrógeno excretado de acuerdo al sistema de manejo del estiércol en la unidad de producción (Kg de N año<sup>-1</sup>);  $N(T)$ : Número de bovinos lecheros en la unidad de producción;  $Nex(T)$ : Excreción anual de N por bovino lechero (kg de N animal año<sup>-1</sup>);  $MS$ : Fracción de  $Nex(T)$  del sistema de manejo del estiércol en la unidad de producción de bovino lechero. En el estudio considero el valor de  $MS$  de 68 el cual hace referencia al porcentaje de excreción por el sistema de manejo de almacenamiento de estiércol por un período de varios meses, en montones o pilas.

*Ecuación 3.* Emisiones anuales de N<sub>2</sub>O del sistema de manejo de estiércol de la unidad de producción.

$$N_2O(SME)=Nex(SMAE)*EF3(S)*44/28$$

Dónde:  $N_2O(SME)$ : Emisiones de N<sub>2</sub>O del sistemas de manejo de estiércol (kg N año<sup>-1</sup>);  $Nex(SME)$ : Nitrógeno excretado de acuerdo al sistema de manejo del estiércol en la unidad de producción (Kg de N año<sup>-1</sup>);  $EF3(SME)$ : el factor de emisión de N<sub>2</sub>O para el sistema de manejo de estiércol (0.005 kg N<sub>2</sub>O-N kg<sup>-1</sup> de  $Nex$ ); 44/28=Factor de conversión de emisiones de (N<sub>2</sub>O-N) a emisiones de N<sub>2</sub>O.

Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) se determinaron a partir de la fermentación entérica y del estiércol de los animales considero las guías del IPCC (2006) con la ecuación siguiente:

*Ecuación 4.* Emisión de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica.

$$CH_4E=N(T)*EF(T)$$

Donde:  $CH_4$ : Emisión de Metano por fermentación entérica (Kg cabeza año<sup>-1</sup>);  $N(T)$ : Número de bovinos lecheros;  $EF(T)$ : Factor de emisión de CH<sub>4</sub> de bovinos lecheros.

El factor de emisión fue de 72 kg de CH<sub>4</sub> cabeza año<sup>-1</sup> para ganado lechero considerando un nivel 1 para la característica regional de América basado en estudios previos de acuerdo al alimento suministrado y a la conversión de energía del alimento en CH<sub>4</sub>. Las emisiones de CH<sub>4</sub> a partir del manejo de estiércol se calcularon a partir las guías del IPCC considerando el nivel 1.

*Ecuación 5.* Emisiones de CH<sub>4</sub> a partir del manejo de estiércol.

$$CH_4(SME)=N(T)*EF(T)$$

Donde:  $CH_4(SME)$ : Emisiones de CH<sub>4</sub> a partir del manejo de estiércol (Kg Cabeza año<sup>-1</sup>);  $N(T)$ : Número de bovinos lecheros;  $EF(T)$ : Factor de emisión de CH<sub>4</sub> de bovinos lecheros.

El factor de emisión por el manejo de estiércol fue de 68 kg de CH<sub>4</sub> cabeza año<sup>-1</sup> para ganado lechero para la característica regional de América. Las emisiones totales por animal por año se adicionaron. Los desechos de materiales utilizados por los productores en la producción lechera, tales como alambre, frascos de medicina, jeringas, costales de alimento, se expresaron en unidades y kilogramos. La información se registró en hoja de cálculo Excel para estimar el inventario de desechos y contaminantes en los sistemas de producción de leche. Se estimaron las medias por el método de mínimos cuadrados para agrupaciones de los traspatios lecheros con el programa SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los sistemas de lechería familiar de San Bernabé Temoxtitla, Ocoyucan Puebla los productores tienen edad promedio de 55.7±11.2, en rango de 36 a 70 años, con 24.3±17.8 años de experiencia en la actividad. Los productores de mayor edad y experiencia se preocupan por la estabilidad de la explotación a través del tiempo (Vargas *et al.*, 2015), y tienen hatos de 14.8±5.8 vacas en producción, donde predominan las razas Holstein, suizo, y Jersey. El promedio de producción de leche por vaca en la región varía entre 6 y 17.5 L día<sup>-1</sup>, con un promedio general de 9.9±5.0 L día<sup>-1</sup>. La comercialización se realiza mediante "boteros" a \$5.60 MX, por litro. La mano de obra es 100% familiar, característica distintiva de los sistemas de lecheros familiares. El 82% de las explotaciones tienen instalaciones rústicas, los corrales son de materiales de rehusó, sólo 53% de las explotaciones cuentan con equipo de ordeño y 94.5%

cuentan con algún tipo de vehículo. El acondicionamiento de las instalaciones y la adquisición de maquinaria y equipo depende del tamaño del hato y nivel de ingresos económicos de las explotaciones (Vargas, 2006). La base de la alimentación es a base de forrajes como alfalfa (*Medicago sativa*) ensilada y zacate de maíz (*Zea mays* L.), además se complementa con concentrados a base de pasta de soya (*Glycine max*) y salvado. En el plano sanitario, en el 100% de los traspatis el manejo de estiércol es por apilado. A las vacas se les aplican vitaminas y desparasitante. Solo 66.6% productores realizan control de brucelosis y tuberculosis de su ganado. Las unidades de producción de lechería familiar se agruparon por el número de vacas en producción a partir del análisis clúster (Cuadro 1). Se identificaron tres tipos de unidades de producción según la descripción de Vargas (2006), como, de subsistencia (35%), en desarrollo (53%), y orientadas a mercado (12%).

Las características de la familia no difiere entre grupo. En los aspectos de producción se observó diferencia significativa en el número de vacas en producción ( $p < 0.05$ ), no así en las demás variables, aunque numéricamente los sistemas de lechería familiar con mayor número de animales tienen mayor productividad por vaca y mejor precio de venta por litro de leche.

### Producción de contaminantes y desechos

Las unidades de producción con mayor número de animales generan mayor cantidad de contaminantes y desechos (Cuadro 2). Las explotaciones de subsistencia, con bajos niveles de producción, generan mayor cantidad de contaminan-

**Cuadro 1.** Tipos de unidades de producción de lechería familiar de San Bernabé Temoxtitla, Ocoyucan, Puebla, México.

Variables	Subsistencia (n=6)	En desarrollo (n=9)	Orientadas al mercado (n=2)
<b>Sociales</b>			
Edad (años)	53.8 <sup>a</sup>	53.6 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>
Experiencia (años)	16.0 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>
<b>Producción</b>			
Vacas (cabezas)	9.3 <sup>c</sup>	19.0 <sup>b</sup>	32.5 <sup>a</sup>
Precio de la leche (\$)	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
Producción de leche por vaca (L/día)	7.1 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Diferentes literales en las filas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

tes por unidad de producto producido. La una producción promedio de leche es de 7.2 litros por vaca y emisiones de contaminantes de 23 g de NO<sub>2</sub>, 64.1 g de CH<sub>4</sub> y 8.2 Kg de DBO<sub>5</sub> por litro de leche producido, siendo menos eficiente comprada con las unidades de producción en desarrollo y orientadas al mercado.

El crecimiento del tamaño del hato favorece la emisión de contaminantes por las fuentes de metano en-

térico, nitrógeno de excretas y las emisiones de éstos en los sistemas de manejo de estiércol. Las explotaciones orientadas al mercado en este estudio registraron mayor cantidad de contaminantes, por mayor número de animales, sin embargo se estimaron emisiones de contaminantes por litro de leche de 15 g de NO<sub>2</sub>, 42.2 g de CH<sub>4</sub> y 5.4 Kg de DBO<sub>5</sub>. Las unidades de producción de leche en desarrollo son más productivas por mayor nivel de pro-

**Cuadro 2.** Producción de contaminantes en las unidades de producción de lechería familiar de San Bernabé Temoxtitla, Ocoyucan, Puebla, México.

Variables	Subsistencia (n=6)	En desarrollo (n=9)	Orientadas al mercado (n=2)
Cabezas (unidades)	9.3 <sup>c</sup>	19.0 <sup>b</sup>	32.5 <sup>a</sup>
Producción de leche (L año <sup>-1</sup> )	20, 139.1 <sup>c</sup>	73, 511 <sup>b</sup>	106, 762.5 <sup>a</sup>
<b>Contaminantes</b>			
Óxido de nitrógeno por excretas (NO <sub>2</sub> ) (kg año <sup>-1</sup> )	478.7 <sup>b</sup>	978.1 <sup>b</sup>	1673.2 <sup>a</sup>
Óxido de nitrógeno por litro de leche (NO <sub>2</sub> ) (g L <sup>-1</sup> )	23 <sup>a</sup>	13 <sup>b</sup>	15 <sup>b</sup>
Metano entérico (kg año <sup>-1</sup> )	669.6 <sup>c</sup>	1368 <sup>b</sup>	2304 <sup>a</sup>
Metano por manejo de estiércol (kg año <sup>-1</sup> )	623.1 <sup>c</sup>	1292 <sup>b</sup>	2208 <sup>a</sup>
Metano Total (kg año <sup>-1</sup> )	1, 292.7 <sup>c</sup>	2, 660 <sup>b</sup>	4, 512 <sup>a</sup>
Metano por litro de leche (g)	64.1 <sup>a</sup>	36.1 <sup>b</sup>	42.2 <sup>b</sup>
DBO <sub>5</sub> (kg año <sup>-1</sup> )	5, 031 <sup>c</sup>	10, 241 <sup>b</sup>	17, 518 <sup>a</sup>
DBO <sub>5</sub> Desechos (kg/año)	161, 812 <sup>c</sup>	329, 403 <sup>b</sup>	563, 453 <sup>a</sup>
DBO <sub>5</sub> Total (kg año <sup>-1</sup> )	166, 843 <sup>c</sup>	339644 <sup>b</sup>	580, 971 <sup>a</sup>
DBO <sub>5</sub> por litro de leche (kg)	8.2a	4.6bc	5.4b

<sup>abc</sup> Diferentes literales en las filas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).



ducción de leche por vaca, que reduce las emisiones de contaminantes por unidad de producto. La cantidad de metano producido por un animal depende de la especie, peso y edad, así como de la cantidad y calidad del alimento que se suministra. Yan *et al.* (2010) observaron que al realizar una selección de las vacas, basada en altos niveles de producción de leche y eficiencia de utilización de la energía, se redujeron las emisiones de CH<sub>4</sub> de vacas lecheras. La fermentación de almidón genera cambios en pH ruminal, no aptos para el desarrollo de metanogénicas y mayor producción de ácido propiónico debido al estímulo de bacterias amilolíticas, lo que conduce a la disminución en la generación de metano (Hristov *et al.*, 2013; Van Kessel y Russell, 1996). Brunnett (2004) menciona que en los estudios de sistemas lecheros campesinos existe un manejo poco eficiente del estiércol (excretas), tanto en su desecación como almacenamiento y están contaminando mantos acuíferos y aire. La lechería familiar debe orientar acciones para aumentar el nivel de productividad por vaca para emitir menores contaminantes al ambiente por litro de leche producida a través del manejo nutricional del ganado e implementación de sistemas eficientes de manejo de estiércol. La producción de desechos aumenta en unidades de producción con mayor cantidad de animales. Las explotaciones en desarrollo y orientadas al mercado son dependientes de los insumos comerciales, tales como pacas (forraje seco compactado), concentrados y fármacos, por lo que generan desechos por los envases, frascos y plásticos que se convierten en basura y contaminan el ambiente (Cuadro 3).

Las explotaciones de lechería familiar tendrán que asegurar que los desperdicios generados, como envoltorios de plásticos, sean adecuadamente eliminados para evitar la contaminación del medio ambiente (FAO, 2004). En México existen normativas para regular la emisión de contaminantes del sector agropecuario y la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente y La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, sin embargo, la falta de vigilancia por las autoridades ambientales y el desconocimiento de los productores limita la aplicación de la normativa (Pérez, 2001).

### CONCLUSIONES

Las emisiones de contaminantes y producción de desechos en la le-

chería familiar se relacionan con el tipo de unidad de producción. La emisión de contaminantes es mayor en las unidades de producción orientadas al mercado y se asocia con el número de animales en producción. Los sistemas de manejo de excretas es el apilado, por lo que se considera pertinente manejar el estiércol en sistemas reductores de contaminantes. La producción de desechos está en función del tamaño de la explotación y la dependencia de insumos del mercado forrajero y farmacéutico.

### LITERATURA CITADA

Brunett P.L. 2004. Contribución a la evaluación de la sustentabilidad, estudio de caso en dos agro ecosistemas campesinas. Tesis Doctorado. FMVZ- UNAM.

Espinosa O.E.V., Jiménez J.R.A., Gil G.G.I., Pesado A.A., Brunett P.L., García H.L. 2011. Lechería familiar. La jornada del campo No 1. 17-12-2011

FAO. 2004. Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. The United Nations: Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.

FAO. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options." The United Nations: Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.

Hristov A.N., Oh J., Lee C., Meinen R., Montes F., Ott T., Firkins J., Rotz A., Dell C., Adesogan A., Yang W., Tricarico J., Kebreab E., Waghorn G., Dijkstra J., Oosting S. 2013. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera-Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>. Editado por Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson y Harinder P.S. Makkar. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. FAO, Roma, Italia.

Murgueitio E. 2002. Sistemas de producción ganadera y sus impactos en la transformación de los Ecosistemas andinos de Colombia En: Memorias del Seminario Internacional sobre Transformación de Ecosistemas, Universidad Javeriana, Bogotá Agosto 15-17 del 2001. Bogotá, Colombia. En prensa.

Pérez R. 2001. Porcinocultura y contaminación del agua en la Piedad, Michoacán, México. Rev. Int. Contaminación Ambiental 17(1): 5-1.

PICC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental. Panel on Climate Change. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>.

Usai M. G., Casu S., Molle G., Decandia M., Ligios S., Carta A. 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming systems in Sardinia. Livestock Science, 104, 63-67.

**Cuadro 3** Producción de desechos en las unidades de producción de lechería familiar de San Bernabé, Temoxtitla, Ocoyucan, Puebla, México.

Variable	Subsistencia (n=6)	En desarrollo (n=9)	Orientadas al mercado (n=2)
Alambre (Kg año <sup>-1</sup> )	21.0 <sup>b</sup>	145.2 <sup>b</sup>	700.0 <sup>a</sup>
Fracos de medicina (pza año <sup>-1</sup> )	22.7 <sup>c</sup>	95.6 <sup>b</sup>	216.0 <sup>a</sup>
Jeringas (pza año <sup>-1</sup> )	1.50 <sup>c</sup>	38.4 <sup>b</sup>	252.0 <sup>a</sup>
Costales (pzas año <sup>-1</sup> )	140.0 <sup>c</sup>	682.2 <sup>b</sup>	1320.0 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Diferentes literales en las filas indican diferencias significativas (P<0.05).

- Van Kessel J.A., Russell J.B. 1996. The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiology Ecology*. 20(4), 205–210.
- Vargas M.J. 2006. Elementos críticos para la toma de decisiones en la lechería familiar de Francisco I. Madero Hidalgo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados campus Puebla. Puebla, México.
- Vargas M.J., Nieto A.R., Vargas L.S. 2015. Evaluación de la alimentación y estimación de la relación costo-beneficio en explotaciones lecheras de Francisco I. Madero, Hidalgo. En *Estudios socioeconómicos y ambientales de la ganadería*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 168-179 p.
- Yan T., Mayne C., Gordon F., Porter M., Agnew R., Patterson D., Ferris, C., Kilpatrick D. 2010. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 93, 2630–2638.
- Weitzenfeld H. 1989. Documentos para el curso básico sobre evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental en aire agua y suelo (ERFCA). Cuaderno de trabajo (traducción de who offset publication no. 62). 122 p.

