



Principales sistemas de producción de leche de bovinos en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo

Main dairy production systems in Mexico: current recompilation of productive, reproductive, and management performance

Ricardo Avilés Ruiz^{1*}, Oscar Guadalupe Barrón Bravo¹, Abner Josué Gutiérrez Chávez², Miguel Ruiz Albarrán³

RESUMEN

Se presentan los principales parámetros productivos, reproductivos y de manejo de los tres principales tipos de sistemas de producción bovinos lecheros que existen en México. La importancia de mostrar el valor con número de cada parámetro permitirá al lector observar que existen diferencias en la forma de producir leche de bovino en México. Además, cada sistema se adapta a la región agroecológica donde se localiza. La información del presente manuscrito compara los sistemas de producción de leche de bovinos. Las diversas estrategias de manejo alimenticio y reproductivo en estos sistemas permiten producir de manera eficientemente para ser competitivos dentro de una economía mundial globalizada, enfrentando el reto de ser sustentables, por otro lado, mitigar los efectos que la ganadería en el cambio climático.

Palabras clave: producción de leche, establos lecheros, vaquillas de reemplazo, manejo de ganado, eficiencia reproductiva.

ABSTRACT

The main productive, reproductive and management parameters of the three main types of dairy cattle production systems in Mexico are presented. The importance of showing the value with number of each parameter will allow the reader to observe that there are differences in the way of producing bovine milk in Mexico. In addition, each system is adapted to the agroecological region where it is located. The information in this manuscript compares bovine milk production systems. The diverse feeding and reproductive management strategies in these systems allow them to produce efficiently to be competitive in a globalized world economy, facing the challenge of being sustainable, on the other hand, to mitigate the effects of livestock on climate change.

Keywords: milk yield, dairy farming, rearing replacement heifers, cattle handling, reproductive performance.

Autor para correspondencia: aviles.ricardo@inifap.gob.mx **Fecha de recepción:** 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 27 de enero de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2024

¹Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México.

²División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche bovina es una de las actividades pecuarias más sobresaliente a nivel mundial, debido a las demandas de productos de origen animal para satisfacer las necesidades de consumo de la población, especialmente a la infantil y la de adultos mayores (North et al., 2023). En México, la producción de alimentos de origen animal procedente de los bovinos productores de leche y carne representan el 32% del producto interno bruto del rubro alimentario (Statista Research Department, 2021).

La producción de leche se desarrolla en las diferentes regiones agroecológicas de México, tanto en regiones árida y semiáridas, como en templadas y tropicales. Sin embargo, en cada región agroecológica del país se han identificado y caracterizado los sistemas de producción de leche, de acuerdo a su importancia productiva, económica, agroecológica y social, denominándose sistema intensivo-especializado (SIE), sistema familiar-traspatio (SFT) y sistema doble-propósito (Barrón-Bravo et al., 2023; Camacho-Vera et al., 2017; González-Padilla et al., 2019; Lassala et al., 2020; SDP). A pesar de que existe una clara identificación de los sistemas de producción, estos los podemos encontrar distribuidos en la mayor parte del país. Los SIE radican principalmente en La Comarca Lagunera (Torreón, Matamoros, San Pedro, Francisco I. Madero y Viesca del Estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí del Estado de Durango), Chihuahua y Aguascalientes; los SFT en todo el Altiplano Central mexicano (Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México y Puebla) y SDP en regiones tropicales de México (Camacho-Vera et al., 2017). No obstante, como se mencionó anteriormente, en la producción de leche no existen regiones agroecológicas donde se desarrolle un solo sistema de producción de leche en específico. Además, en cada una de las regiones agroecológicas de México existen sistemas de producción de leche, tanto en las zonas rurales marginadas alejadas de las metrópolis (SFT y SDP) como cerca de la zona metropolitana de Laguna, Valle de México, Aguascalientes, León y Querétaro (SIE), también hay notables contrastes tecnológicos en la producción de leche en México. Por ejemplo, los sistemas de producción lechera situados en la Comarca Lagunera (SIE) son sistemas con un alto grado de tecnificación en términos de instalaciones, equipo agrícola, sistemas de ordeño, conservación de forrajes, elaboración de raciones completamente mezcladas o parcialmente mezcladas, manejo sanitario de la glándula mamaria, uso de biotecnologías en la reproducción como es la inseminación artificial y diagnóstico de gestación por ultrasonido, así como sistemas de gestión de datos, uso de collares y/o podómetros para la identificación animal y monitoreo, digitalización de la información. Lo anteriormente mencionado se traduce en innovaciones tecnológicas que mejoran las prácticas de manejo para la producción de leche, ya que aseguran la asesoría técnica especializada.

La importancia de los sistemas de producción de leche en México radica en la contribución que tienen estos a la economía nacional, regional y local, en especial los SFT. El funcionamiento de cada unidad de producción lechera dependerá del poder adquisitivo de cada productor, del fin productivo que se desee (SDP: leche o crías), del precio de venta de la leche, del uso de tecnología y las condiciones generales del entorno donde se establezca. Sin embargo, en todos los sistemas hay factores (sequía, cambio climático, parásitos y enfermedades) que representan una problemática, la cual puede impactar en su producción, reproducción, sanidad y manejo en general (Bautista-Martínez et al., 2019; Velázquez et al., 2020).

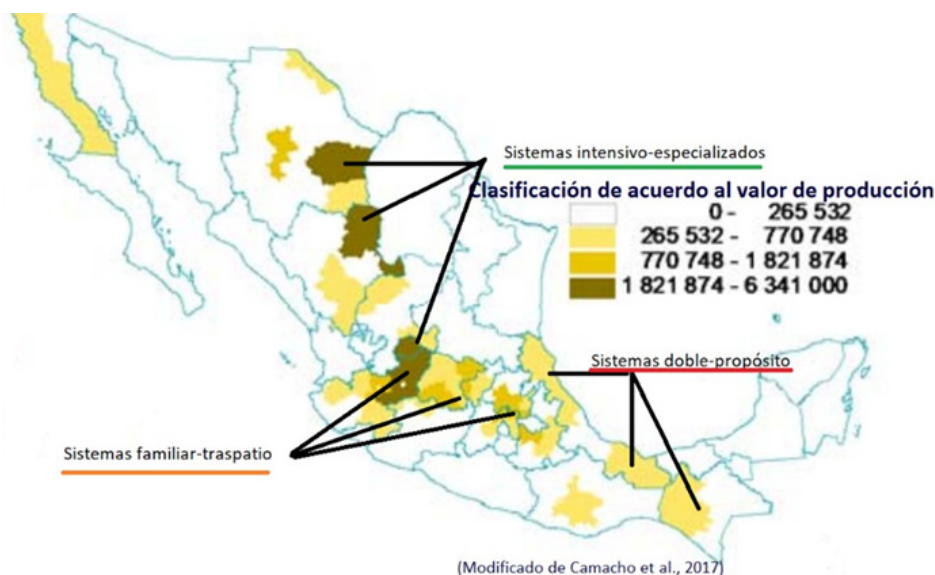
En la actualidad, producir leche es menos costeable o rentable (Kusaka et al., 2023) y conocer los

parámetros productivos, reproductivos y de manejo de los principales sistemas de producción en México provee información a técnicos, investigadores y empresas proveedoras de insumos, entre otros, sobre las problemáticas prioritarias por atender. Al respecto, la comunicación entre los involucrados en la ganadería se da por diferentes medios. El objetivo de la presente revisión fue realizar un análisis comparativo de los parámetros productivos, reproductivos, de manejo sanitario y general de los principales sistemas de producción de leche en México.

DESARROLLO DEL TEMA

Inventario ganadero y producción de leche en México

En México, la población de bovinos es de alrededor de 24,808,075 cabezas, de los cuales 24,553,565 se encuentran en unidades de producción y 254,510 en viviendas (traspatio). El 55.5% de las existencias se concentran en los estados de Veracruz, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Durango, Tabasco, Sonora y Michoacán. El promedio de cabezas por unidad de producción es de 24.5. Del total de la población bovina, la composición según su función zootécnica es 47.1% vacas, 27.5% becerras y becerros, 12.1% en engorda, 9.8% vaquillas de reemplazo, 3.0% sementales, y 0.5% reses para el trabajo (INEGI, 2023). Respecto al ganado lechero, se concentra en la región del altiplano central (Chihuahua, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Estado de México y Puebla), la Comarca Lagunera (Durango y Coahuila) y la región tropical (Veracruz y Chiapas; Figura 1). Al cierre del 2022 (SIAP, 2024). Estas 10 entidades produjeron el 79.7% del valor de la producción de leche a nivel nacional, donde destacan Jalisco y Guanajuato con el 20.9% y 6.8%, respectivamente, con mayores hatos del SFT de producción de leche; Coahuila con el 11.8%, Durango con el 11.5% y Chihuahua con el 9.5%, siendo estos tres estados representativos con mayores hatos del SIE de producción de leche. El sistema de producción predominante en las regiones tropicales del país se conoce como SDP y los principales estados productores son Veracruz con el 6.1% y Chiapas el 3.5% de la producción de leche a nivel nacional. En la figura 1, se presenta la localización geográfica de los SIE, SFT y SDP y el valor de producción de leche de cada una de ellas (Camacho-Vera et al., 2017).



■ Figura 1. Principales regiones y sistemas de producción de leche en México de acuerdo con el valor de producción.

La industria lechera en México ha mostrado un crecimiento en las últimas décadas. Sin embargo, el país no ha logrado cubrir el consumo de este alimento, dado que la población ha tenido un crecimiento demográfico acelerado. Por tal motivo, no se cubre la demanda y se recurre a las importaciones (Martínez-Alba et al., 2021). De acuerdo con las estadísticas nacionales de México, el crecimiento de la producción de leche ha ido en aumento en un 1.3% para el 2021 hasta un 2.0% para el 2023, alcanzando una producción total de 13,113,000 de toneladas.

Sistema de comercialización de leche en México

Una de las principales características de los SIE son los estándares de calidad en cadena productiva, tal es el caso de la cuenca lechera en el norte de México, la cual está conformada por empresas tecnificadas que cuentan con recursos que le facilitan el traslado de sus productos en comparación de las empresas de mediana escala, desde la recolección de leche hasta la distribución de los productos a los supermercados en México y otros países (Morales, 2022), debido a esto no existen intermediarios en la cadena productiva. En estos sistemas se prioriza la producción individual por vaca (kg de leche/vaca/lactancia), tal es el ejemplo de los promedios estandarizados de producción de leche para vacas Holstein pertenecientes a estos sistemas que alcanzan los 11,382 kg de leche con un rango que va de los 5,000 a los 21,000 kg de leche/lactancia de 305 días a dos ordeñas al día de vacas en su primera lactancia (Toledo-Alvarado et al., 2014), vacas que superan los 30 kg por vaca/día (Fernández et al., 2018; Ríos-Mohar et al., 2022). Los altos volúmenes de producción de leche por vaca permiten que se reduzcan los costos de producción y puedan ser competitivos con el mercado nacional e internacional. En la actualidad, el incremento en el inventario ganadero, así como en el rendimiento individual de producción de leche por vaca, ha traído como consecuencia que en los establos en la Comarca Lagunera y otros estados se haya provocado un desabasto de agua subterránea y de corrientes pluviales por el gran consumo de este líquido para la producción de forraje. Además, los SIE están localizados en las regiones semiáridas de México, donde las precipitaciones son escasas (Padilla y Sotelo & Barrientos, 2010).

En el centro de México, los SFT son los que predominan y están ubicados principalmente en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México y Michoacán. Con respecto al estado de Guanajuato, se han contabilizado alrededor de 6,900 unidades de producción láctea. De las cuales el 90% son de lechería familiar. La base de la alimentación son los pastizales nativos, los cultivos forrajeros de cereales de grano pequeño como forraje para pastoreo o en ensilaje, las pasturas inducidas de clima templado como el rye grass y el altafescue combinado con trébol blanco, y el cultivo de maíz para grano y forraje o bien en forma de ensilaje (Tabla 1; Álvarez-García, 2023; Carrillo-Hernández, 2020; Carrillo-Hernández et al., 2023; González-Alcántara, 2021; Gómez-Miranda, 2023; López-González, 2023; Marín-Santana et al., 2020; Marín-Santana et al., 2023; Plata-Reyes et al., 2021; Vega-García, 2021).

En estos SFT de producción, si bien no hay un programa de mejoramiento genético definido, este se ha logrado debido a la inseminación artificial, biotecnología reproductiva común desde hace varias décadas principalmente por técnicos extensionistas que prestan sus servicios profesionales (González-Orozco, 2022). Sin embargo, la producción de leche es menor al promedio de los SIE, aunque se utilizan razas especializadas en producción lechera. De acuerdo con los reportes de los últimos estudios en SFT (Tabla 1), la producción de leche por vaca oscila entre los 11.0 kg leche/vaca/día hasta los 19 kg leche/vaca/día. Con vacas de raza Holstein y sus cruzamientos con otras razas como la Pardo Suizo. Para mejorar la productividad de los SFT de producción de leche, la calidad de los productos generados y el ingreso de los productores, además de las estrategias de alimentación,

para reducir los costos de producción, se deben diseñar políticas diferenciadas de capacitación y transferencia de tecnología, acordes a las características socioeconómicas y técnico-productivas de los diferentes tipos de productores (Vélez et al., 2013). Con respecto a la calidad microbiológica de la leche, se ha reportado que estos sistemas muestran las más altas frecuencia de mastitis subclínica (Avilés et al., 2018).

■ Tabla 1. Tipo de forraje y sistema de alimentación y producción de leche bajo diferentes estrategias de alimentación para SFT o sistemas en pequeña escala en México.

Referencia	Año	Tipo de forraje	Sistema de alimentación	kg leche/día
Carrillo-Hernández et al.	2023	Ensilajes de grano pequeño	Pastoreo + suplementación con ensilaje	18.0
Marín-Santana et al.	2020	Kikuyo + alta fescue	Pastoreo + concentrado comercial	19.0
Plata-Reyes et al.	2021	Rye grass, alta fescue, Bromo,	Pastoreo + concentrado	16.8
Gómez-Miranda et al.	2023	Rye grass y arevenses	Comedero	11.4
Vega-García et al.	2021	Cereales de grano pequeño	Pastoreo + concentrado comercial	13.4
González-Alcántara et al.	2020	Ensilaje de cereales de grano pequeño, rye grass	Pastoreo + ensilaje	12.3
Marín-Santana et al.	2023	Kikuyo + rye grass	Pastoreo	17.0
López-González et al.	2020	Alta fescue + rye grass	Pastoreo	11.8
Carrillo-Hernández et al.	2020	Rye grass	Pastoreo	15.5
Álvarez-García et al.	2023	Ensilaje de maíz o trigo	Comedero	15.6

Con respecto al SDP, son unidades de producción, cuya modificación al ecosistema fue el resultado de la cruce de los bovinos criollos con ganado puro (*Bos taurus*) con el fin de obtener mayor rendimiento de leche y carne, simultáneamente, al considerar las exigencias del mercado. Debido al valor genético superior de estos individuos introducidos, se realizaron cambios en el manejo, logrando una mayor productividad y, por lo tanto, mayores ingresos. Estos cambios consistieron principalmente en la adopción de tecnologías como: pastoreo en praderas con pastos mejorados y suplementación nutricional durante el ordeño de los animales. Sin embargo, este sistema varía en función de las condiciones agroecológicas, la idiosincrasia, la tradición y costumbres. Esto influye en la adopción de tecnología y es considerado una desventaja (Juárez-Barrientos et al., 2015).

Características productivas de los diferentes sistemas de producción

Evaluar los indicadores productivos es una actividad esencial para cualquier unidad pecuaria, de estos, un indicador frecuentemente medido en ganado bovino lechero ha sido la cantidad de leche producida por día, y, por tanto, por lactancia, ya sea en litros o en kilogramos. Así, se ha observado que este parámetro ha incrementado año con año en todos los sistemas de producción. En este sentido, en la actualidad se han alcanzado lactaciones por arriba de 10,000 kg de leche por vaca por lactancia en los SIE (Fernández et al., 2018) y en algunos SFT (González-Orozco, 2022; Tabla 2). Cabe señalar que, la raza Holstein es la que predomina en los sistemas antes mencionados (Fernández et al., 2018). Sin embargo, para el SDP predominan las cruces de razas principalmente de la especie *Bos primigenius*, las subespecies *Bos primigenius indicus* (Gyr, Sardo Negro, Guzerat) y *Bos taurus* (Suiza, Holstein, Jersey, Montbeliard y Simmental) en las regiones tropicales (Arce et al., 2017; Ríos-Utrera et al., 2020; Tabla 3).

■ Tabla 2. Parámetros productivos de sistemas: intensivo-especializado, familiar-traspatio y doble-propósito en México.

Parámetro		Intensivo-especializado	Familiar-traspatio	Doble-propósito
Producción de leche	Lactancia*	9,690l (Fernández et al., 2018)	6,200kg (Avilés-Ruiz et al., 2018)	1,246l * (Granados-Rivera et al., 2018)
	Leche/día	32.3 ± 0.7l (Fernández et al., 2018)	20.6 ± 0.76kg (Avilés-Ruiz et al., 2018)	4.6l * (Granados-Rivera et al., 2018)
Vida en el hato (número de partos)	2021	3.5 (Ríos-Mohar et al., 2023)		4.0 (Román-Ponce et al., 1981)
Rango de vacas en ordeño/hato		4,431 - 6,344 (Espinoza-Arellano et al., 2018)	3 – 47 (Avilés-Ruiz et al., 2018)	20 – 70 (Granados-Rivera et al., 2018)
Número de ordeños/día		3 (Fernández et al., 2018)	2 (Avilés-Ruiz et al., 2018)	1 (Galina & Geffroy, 2023)
Peso al nacimiento de las crías de reemplazo (kg)		38.0 ± 4.9 (Rodríguez-Hdez. et al., 2021)	39.8 (González-Orozco, 2022)	33.94 ± 1.11 (Zárate-Martínez et al., 2010)
Peso al destete de las crías de reemplazo (kg)		85 (Rodríguez-Hdez. et al., 2022)	77 (González-Orozco, 2022)	95 (Carballo et al., 2009) 92.61 ± 4.82 (Zárate-Martínez et al., 2010)
Edad al destete de las crías de reemplazo (d)		65.0 (Rodríguez-Hdez. et al., 2022)	70.3 (González-Orozco, 2022)	90.0 (Carballo et al., 2009; Zárate-Martínez et al., 2010)
Ganancia diaria de peso al destete de las crías de reemplazo (g)		897.0 ± 0.5 (Rodríguez-Hdez. et al. 2021)	526.7 (González-Orozco, 2022)	651.12 ± 52.89 (Zárate-Martínez et al., 2010)
Ganancia diaria de peso postdestete de las crías de reemplazo(g)		895 (Rodríguez-Hdez. et al., 2020)	697 (Rodríguez-Hdez. et al., 2020)	400-530 Estación del año (Carballo et al., 2009) 110-604 Tipo de cruce (Zárate-Martínez et al., 2010) 390-490 Cantidad de suplemento (Duarte-Castro et al., 2023)

*calculada con base en la producción diaria; * las lactancias promedio de 271 días.

Estas razas y sus cruces muestran una menor producción de leche en comparación con los SIE, donde se manejan razas puras, por lo tanto, los animales son ordeñados generalmente una vez al día y posteriormente son enviados a pastoreo durante el resto del día (Galina & Geffroy, 2023). Se ha descrito que la estructura y las características tecnológicas de un SDP en México, es que poseen en promedio 29.9 unidades animal de tamaño de hato en 35.6 ha y 1.2 UA/ha de carga ganadera. La alimentación animal se basa en el pastoreo de pastos nativos (*Paspalum*, *Panicum*, *Bouteloua*, etc.) y residuos de cultivos de pastoreo (52,7%). El 39% en de las unidades de producción se alimentan con pasturas establecidas para el pastoreo, y en un 22.5% utilizan ensilajes, un 50.4% heno y 30.3% forrajes verdes (Rangel et al., 2020).

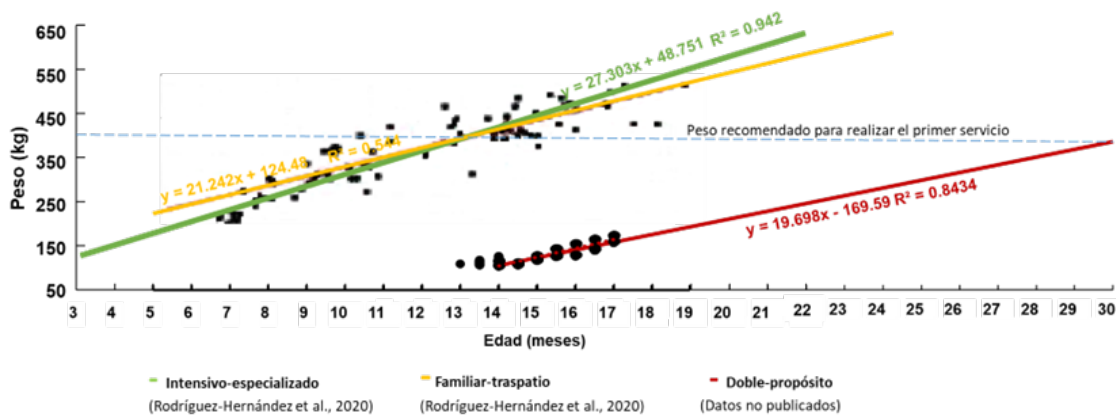
■ Tabla 3. Parámetros productivos de sistemas: intensivo-especializado, familiar-traspatio y doble-propósito en México.

Parámetro	Intensivo-especializado	Familiar-traspatio	Doble-propósito
Razas utilizadas	Holstein (Fernández et al., 2018; Rodríguez-Hdez. et al., 2020)	Holstein (Avilés-Ruiz et al., 2018; González-Orozco, 2022)	<i>Bos primigenius indicus</i> (Cebú) y taurus (Suiza, Holstein, Jersey, Montbeliard y Simmental) (Ríos-Utrera et al., 2020)
Nivel de tecnología	Alta (Fernández et al., 2018)	Media (González-Orozco, 2022)	Baja (Velázquez et al., 2020; Granados-Rivera et al., 2018)
Principales problemas que aquejan	-Problemas reproductivos detección de estro (Hernández, 2016) -Estrés térmico	-Dietas inadecuadas (González-Orozco, 2022) -Altos porcentajes de mastitis subclínica (Avilés-Ruiz et al., 2018)	-Sequías -Registros inadecuados -Indefinidos programas de mejoramiento genético -Inadecuada infraestructura -Malas prácticas de salud y nutrición animal (Galina y Geffroy, 2023)
Tipo de sala de ordeño	Carrusel, espina de pescado controlada electrónicamente (Fernández et al., 2018)	Tandem y ordeñadoras de carro transportables (Avilés-Ruiz et al., 2018)	Manual y mecánico en sala de ordeño (Granados-Rivera et al., 2018)
Mortalidad al destete (%)	28 (Rocha-Valdez et al 2019)	3.85 (González-Orozco, 2022)	10 (Román-Ponce et al., 1981)
Morbilidad de diarreas (%)	40.4 (Rocha-Valdez et al., 2019) 27.1 (Rodríguez-Hdez. et al., 2022)		
Costo del tratamiento para diarrea por cría \$	474.5 (Rocha-Valdez et al., 2019) 408.76 (González-Avalos et al., 2022)		
Causas de mortalidad de las crías	Diarrea y neumonía (Rocha-Valdez et al., 2019)		
Mastitis subclínica (%)	16.9 (Pastor et al., 2010)	24.6 (Avilés-Ruiz et al., 2018)	7.6 (Vélez-Terranova et al., 2023)

En cuanto a inventario ganadero, existe un rango muy amplio comparando los tres sistemas de producción. Por ejemplo, en la región Lagunera (clima semi-árido) existen establos que albergan más de 3,000 vacas en producción (Fernández et al., 2018). En contraste con los SFT donde existen establos con solo 3 vacas en producción (Avilés-Ruiz et al., 2018). En este caso, la actividad pecuaria es realizada principalmente por la esposa y el sustento familiar es por el jornal del esposo, empleado o no en el sector agropecuario (González-Orozco, 2022).

En cuanto a ganancia diaria de peso en las hembras de reemplazos, se han desarrollado estudios comparando animales de la misma raza y edad alimentadas bajo diferentes sistemas de producción SFT vs SIE en México alimentadas con alfalfa vs esquimos agrícolas, respectivamente (Tabla 2). Se reportaron que bajo los SIE, las becerras tuvieron un mayor desempeño productivo en cuanto a

ganancia diaria de peso (895g vs 697g) debido a la inclusión en la dieta de heno de alfalfa, y puede deberse al aporte de un porcentaje alto de proteína cruda en la dieta. En la figura 2 se puede observar el peso respecto a la edad de los reemplazos del SIE, SFT y SDP. Este último sistema, en el Sur de Tamaulipas, ha reportado que las crías de reemplazo alcanzan la pubertad y el primer parto a una edad avanzada y un peso bajo al destete de las crías (Avilés-Ruiz et al., 2022a), debido a la baja calidad de las pasturas presentes en las regiones tropicales, (Figura 1). Las condiciones de manejo nutricional y la variación de la calidad nutritiva de las pasturas con que son alimentadas las vacas productoras de leche en los SDP traen como consecuencia que, las crías obtengan la ganancia mínima esperada, incluso pérdida diaria de peso si las crías nacen durante los meses de sequía (Tabla 2). Para mitigar esta problemática, surge la necesidad de desarrollar estrategias de suplementación de bajo costo para los reemplazos en cada sistema de producción, considerando que estos animales son el futuro del hato.



■ Figura 2. Peso de los reemplazos de sistemas: intensivo-especializado, familiar-traspasto y doble-propósito.

Características reproductivas en los diferentes sistemas de producción

La eficiencia reproductiva de un hato ganadero es derivada de la respuesta en particular del genotipo del animal a su ambiente. La capacidad genética de los animales se determinará por su capacidad de enfrentarse con un ambiente bajo estrés, como el clima (Fernández et al., 2018), las enfermedades endémicas o parasitismo (Bolaños, 2020) y el manejo del animal previo y posterior al parto, en cuanto a su desequilibrio metabólico (enfermedades metabólicas) durante el periparto, al mantener una alta producción de leche y retornar a la ciclicidad ovárica lo antes posible (Avilés-Ruiz et al., 2022b; Bacha et al., 2010; Chapinal et al., 2012; Crowe, 2008; Montiel & Ahuja, 2005; Montiel-Olguín et al., 2018).

Los sistemas de producción, tanto SDP y SFT, cuentan con hatos reducidos en el número de cabezas de ganado y se caracterizan por no implementar programas de manejo reproductivo ni mejoramiento genético. En la mayoría de los SDP, el manejo reproductivo se basa en el uso de los toros disponibles de la región y son mínimas las prácticas de manejo reproductivo en las hembras como: la sincronización del celo e inseminación artificial a estro observado o a tiempo fijo (Galina & Geffroy, 2023; Martínez et al., 2021). El manejo reproductivo y genético de los SFT se lleva a cabo mediante el uso de toro de la región de diversas razas (Holstein, Pardo Suizo, razas Cebuinas cárnicas), así como la inseminación artificial; no obstante, el alto costo de las pajillas de semen importado de toros probados para los productores de este sistema es considerable, empleando pajillas de semen de toros nacionales (González-Orozco, 2022). Además de la inseminación artificial, en

los SIE se utilizan otras biotecnologías reproductivas para la detección de calores y la sincronización de los animales con inseminación a tiempo fijo con pajillas de semen probado e incluso sexado (Tabla 4; Ríos-Mohar et al., 2023). El estrés calórico, los nutricionales y los de manejo son factores relacionados con el cambio climático que están impactando, no solamente con el bienestar animal, sino con la actividad reproductiva de las vacas productoras de leche. Estos, modifican el reinicio de la actividad ovárica en la vaca y prolonga el anestro postparto en los SIE (Fernández et al., 2018).

■ Tabla 4. Parámetros reproductivos de sistemas: intensivo-especializado, familiar-traspatio y doble-propósito en México.

Parámetro	Intensivo-especializado	Familiar-traspatio	Doble-propósito
Periodo voluntario de espera (d)	60 ± 11 (Ríos-Mohar et al., 2022)		
Periodo de inseminación (d)	48 ± 3 (Ríos-Mohar et al., 2022)		
Intervalo entre partos (d)	381 (Ríos-Mohar et al., 2022)	435 (González-Orozco, 2022)	485 ± 15 (Avilés-Ruiz et al., 2023) 480 (Román-Ponce et al., 1981)
Tasa de preñez (%)	12-15 (Ríos-Mohar et al., 2022)		
Procedimiento de empadre	Sincronización de estros e IA a tiempo fijo (Fernández et al., 2018)	IA a estro natural (Vélez et al., 2013; González-Orozco, 2022)	Monta natural principalmente (Galina & Geffroy, 2023)
Peso al primer servicio (kg)	403 (Rodríguez-Hdez. et al., 2020) (Rodríguez-Hdez. et al., 2022)	342 (González-Orozco, 2022)	384 (Carballo et al., 2009)
Edad al primer servicio (meses)	13.0 ± 2.5 (Rocha-Valdez et al., 2020) 16.4 ± 2.7 (Rodríguez-Hdez. et al., 2018)	16.3 (González-Orozco, 2022)	29.0 (Carballo et al., 2009)
Edad al primer parto (meses)	25.4 (Rodríguez-Hdez. et al., 2018)	27.0 (González-Orozco, 2022)	40.1 ± 1.5 (Zárate-Martínez et al., 2010)
Peso al primer parto (kg)		507.5 (González-Orozco, 2022)	420 (Carballo et al., 2009)

La fertilidad se describió como el porcentaje del número total de vacas preñadas en el hato con respecto al número total de hembras en el hato. Posteriormente, se modificó el término como la proporción de vacas que pueden quedar preñadas del total de vacas elegibles para inseminación con un ciclo estral activo y normal, el cual es expresado como la tasa de preñez o gestación (Ríos-Mohar et al., 2022) y en algunos casos se conoce como tasa de concepción, la cual es menor en el SIE que en el SFT (Tabla 4).

Desde el punto de vista del manejo nutricional y alimenticio del ganado, las prolongadas sequías son más frecuentes a nivel nacional y en el mundo entero, como consecuencia del cambio climático. Esto genera que haya baja disponibilidad de forraje e impacte negativamente, no solo económicamente en la productividad, también en la reproducción del ganado (North et al., 2023).

En el trópico mexicano, los sistemas silvopastoriles (Galina & Geffroy, 2023; Tinoco-Magaña et al., 2012) han tratado de mitigar el efecto negativo del cambio climático sobre la nutrición y reproducción; no obstante, las consecuencias negativas sobre la reproducción es que afectan directamente sobre el mayor número días entre partos (Avilés-Ruiz et al., 2023; Hernández-Reyes et al., 2000). Uno de los principales factores de manejo reproductivo que afectan la tasa de preñez y el aumento de días en el intervalo de parto y parto es la detección de estro, tanto para el SDP como para los SIE. En el caso de los SDP, la detección de celos es mediante el método de la observación visual y al tener vacas pastoreando en grandes extensiones de terreno esta es baja (Galina & Geffroy, 2023).

En el SIE, resulta difícil identificar las vacas en estro (eficiencia de detección de estro) por las siguientes razones: la ausencia de semental (utilizan podómetros, marcadores, etcétera), debido a la densidad de animales en los corrales y el poco tiempo que duran en esta fase de ciclo estral los animales (Hernández, 2016).

Durante el crecimiento, el destete de las becerras en los SFT del Bajío Mexicano es una de las etapas que repercute directamente en un bajo peso al primer servicio (342 kg), así como al primer parto (507.5 kg). Están por debajo en comparación con los SIE en producción de leche (> 550 kg). El bajo peso al primer servicio y al parto son consideradas un problema para los SFT. Al no producir reemplazos con parámetros adecuados, estos sistemas productivos resultan deficientes productiva y reproductivamente, por tanto, menos rentables (González-Orozco, 2022; Tabla 4).

Características de manejo en general y sanitarias de los diferentes sistemas de producción

Las prácticas de manejo en los SDP en las regiones tropicales son diferentes a las que se realizan con ganado de SIE. En los SDP es común el ordeño de la vaca y amamantamiento simultáneo de la cría. Por un lado, la presencia de la cría ayuda a la bajada de leche y por otro, la cría muestra un mejor desempeño productivo y mayor ganancia de peso (Granados-Rivera et al., 2018; Orihuela & Galina, 2019; Rojo-Rubio et al., 2009).

En los SFT y SIE la crianza de los reemplazos es de forma artificial (Rocha-Valdez et al., 2019). Al respecto, este último sistema utiliza ordeñadoras automáticas y ordeña cada 8 horas (Fernández et al., 2018). La mayor frecuencia de ordeña es un factor determinante sobre una mayor producción leche diaria (Amos et al., 1985). Adicional al manejo de una mayor frecuencia de ordeño, los establos están equipados con sistema de enfriamiento con aspersión de agua y ventiladores, esto reduce el estrés calórico en vacas frescas (lactancia temprana), favoreciendo la producción y reproducción de las mismas durante los meses de verano (Ríos-Mohar et al., 2023).

Desde el punto de vista sanitario, los parásitos en los bovinos son un problema a nivel mundial, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, de forma general pueden causar anorexia aguda, daño a los tejidos, anemia, toxemia y obstrucción de órganos. El diagnóstico preciso y su identificación son un aspecto central para el control efectivo, particularmente cuando poseen resistencia a los desparasitantes. Asimismo, la infestación por parásitos es una de las principales causas de las pérdidas económicas de la ganadería mundial. En este sentido, González-Cerón et al. (2009) llevaron a cabo un estudio en un SDP por infestación natural con garrapatas (*Amblyomma cajenense* y *Boophilus microplus*) en animales de diferentes etapas fisiológicas en la zona tropical de México, donde encontraron una correlación positiva entre la cantidad de precipitación pluvial y la carga de dicho parásito. Además, reportaron que las vacas en lactancia presentaron mayor conteo de garrapatas.

En un estudio reciente, en el mismo sistema de producción con crías Castañeda et al. (2021) evaluaron en crías la infestación de garrapatas y su efecto en la ganancia diaria de peso. Ellos encontraron que las crías con mayor carga de garrapata presentaron mayor pérdida de peso y corroboraron que durante los meses más calurosos se presentó mayor infestación de este hemoparásito. Por otro lado, se ha reportado que uno de los principales problemas en los SDP es que los parásitos desarrollan resistencia a los antihelmínticos, principalmente a los más utilizados como la ivermectina, lo que provoca baja productividad, así como las enfermedades que aún no se han erradicado en ciertas regiones de México (Galina & Geffroy, 2023). Por lo anterior, se puede observar que existe un área de investigación para dar solución a este problema sanitario, el cual es agudizado en la región tropical de México.

La introducción de microorganismos patógenos a la glándula mamaria causa daños a las células lactóforas y provocan una menor síntesis de leche. Estos daños se clasifican en mastitis clínica y subclínica. Esta última, ha llamado más la atención en la investigación, dado que es más difícil de detectar a simple vista y genera pérdidas económicas considerables para el productor. Por otro lado, las bacterias, principal agente etiológico, desarrolla resistencia a antibióticos (Khazandi et al., 2018). Para detectar la presencia de mastitis subclínica es común la Prueba de California de fondo oscuro. Sin embargo, en los SDP y SFT no se adoptado dicha prueba de forma rutinaria a pesar de que este último sistema presentó una alta frecuencia de cuartos infectados (Avilés-Ruiz et al., 2018). Al ser sistema traspatio, los animales se encuentran en espacios reducidos de confinamiento.

CONCLUSIÓN

En México, la producción de leche se desarrolla bajo tres sistemas de producción: sistema intensivo-especializado, familiar-traspatio y doble-propósito. Están distribuidas en las diferentes regiones de México como son la árida, semiárida, templada y tropical. Los sistemas intensivos-especializados de producción tienen mayores ventajas de producción, comparado con los otros dos sistemas. Sin embargo, enfrenta el reto de mantener los altos niveles de producción y la reducción de los costos de producción de leche/vaca, además, mantener el estatus sanitario y los costos de producción competitivos con otras regiones del mundo. Los sistemas familiar-traspatio y sistemas doble-propósito enfrentan grandes retos para ajustarse a los niveles actuales de parámetros productivos y reproductivos, la producción de hembras de reemplazo, la reducción entre parto y parto, el manejo sanitario y composición química de la leche que les permita insertarse a canales de comercialización formales y cumpliendo las normas oficiales mexicanas para la comercialización de su producto. Se ha demostrado que, en los sistemas familiar-traspatio de México, el uso de estrategias de alimentación basadas en el pastoreo puede lograr producciones moderadas y de calidad de leche de forma competitiva e incorporarse a mercados formales de comercialización. En los actuales sistemas de producción de leche en México, el cambio climático representa una amenaza para la subsistencia de la producción de leche.

REFERENCIAS

- Álvarez-García, C. D., Arriaga-Jordán, C. M., Estrada-Flores, J G., & López-González, F. (2023). Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83(4), 398-407. <https://doi.org/>

10.4067/S0718-58392023000400398

- Amos, H. E., Kiser, T., & Loewenstein, M. (1985). Influence of Milking Frequency on Productive and Reproductive Efficiencies of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 68(3), 732-739. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80880-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80880-8)
- Arce, C., Aranda, E. M., Osorio, M. M., González, R., Díaz P., & Hinojosa, J. A. (2017). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 83-91. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Arce Recinos, C., Aranda Ibáñez, E. M., Osorio Arce, M. M., González Garduño, R., Díaz Rivera, P., & Hinojosa Cuellar, J. A. (2017). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*, 8(1), 83-91. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O., Alcalá-Rico, J., Salinas-Chavira, J., Flores Nájera, M., & Ruiz-Albarrán, M. (2022b). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico Veterinario*, 12, 1-21. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O. G., Galván-León, A., & Ruiz-Albarrán, M. (2022a). Efecto de la transición de un sistema intensivo a un sistema doble propósito sobre la química sanguínea en becerras. Congreso Veterinario Universidad de Guanajuato COVEUG 2022. Irapuato-Salamanca, Gto.
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O. G., Ruiz-Albarrán, M., & Garza-Cedillo, R. D. (2023). Parity affects calving interval in dual-purpose cattle in the Mexican tropics. *The Pharma Innovation Journal*, 12(3), 01-04. <https://doi.org/10.22271/tpi.2023.v12.i3a.18792>
- Avilés-Ruiz, R., Valencia-Posadas, M., Martínez-Jaime, O., Angel-Sahagún, C. A., Lechuga-Arana, A., León-Galván, F., & Gutiérrez-Chávez, A. (2018). Evaluación de la salud de la ubre como estimador de la calidad de la leche de vacas en hatos familiares. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 376-380.
- Bacha, B., & Regassa, F. G. (2010). Subclinical endometritis in Zebu x Friesian crossbred dairy cows: its risk factors, association with subclinical mastitis and effect on reproductive performance. *Tropical Animal Health and Production*, 42, 397-403. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9433-5>
- Barrón-Bravo, O. G., Avilés-Ruiz, R., Sahagún-Ángel, C. A., Alcalá-Rico, J. S. G. J., Arispe-Vázquez, J., & Garza-Cedillo, R. D. (2023). Caracterización de unidades de producción familiar de bovinos, Llera, Tamaulipas, México. *Abanico Boletín Técnico*, 2, 1-21.
- Bautista-Martínez, Y., Herrera-Haro, J. G., Espinosa-García, J. A., Martínez-Castañeda, F. E., Vaquera-Huerta, H., Morales, A., & Aguirre-Guzmán, G. (2019). Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria*, 115(2), 134-148. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.028>
- Bolaños, E. D. (2020). *Producción de becerros bajo el sistema vaca-cría en el trópico. Libro Técnico Núm. 40*. INIFAP.CIRGOC.
- Camacho Vera, J. H., Cervantes Escoto, F., Palacios Rangel, M. I., Cesín Vargas, A., & Ocampo Ledesma, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4191>
- Carballo, O. C. (2009). Management of heifer growth in dual-purpose cattle systems in the low Huasteca region of Veracruz, Mexico [Master in Science thesis, Cornell University]. Cornell University. <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/13758/Cristobal%20Carballo%2C%20Omar.pdf?sequence=1>

- Carrillo-Hernández, S., López-González, F., Estrada-Flores, J. G., & Arriaga-Jordán, C. M. (2020). Milk production and estimated enteric methane emission from cows grazing ryegrass pastures in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3609-3619. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02398-0>
- Carrillo-Hernández, S., Velarde-Guillén, J., López-González, F., & Arriaga-Jordán, C. M. (2023). Mixed small grain cereal silages in the feeding of dairy cows in small scale dairy systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), #085. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4837>
- Castañeda, R. O., Álvarez, J. A., Rojas, C., Lira, J. J., Ríos, Á., & Martínez, F. (2021). *Rhipicephalus microplus* infestation level and its association with climatological factors and weight gain in *Bos taurus x Bos indicus* cattle. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 273-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5392>
- Chapinal, N., Carson, M. E., LeBlanc, S. J., Leslie, K. E., Godden, S., Capel, M., Santos, J. E. P., Overton, M. W., & Duffield, T. F. (2012). The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 95, 1301-1309. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4724>
- Crowe, M. A. (2008). Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reproduction in Domestic Animal*, 43, 20-28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
- Fernández, I. G., Ulloa-Arvizu, R., & Fernández, J. (2018). Milk yield did not decrease in large herds of high-producing Holstein cows in semi-arid climate of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 51(1), 149-154. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1669-5>
- Gandasari, D., Dwidienawati, D., Tjahjana, D., Sugiarto, M., & Faisal, M. (2022). Social network analysis: Local and global centrality as the communication network structure in the beef cattle farmer groups. *International Journal of Industrial Engineering and Production Research*, 33(2), 1-17. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.33.2.14>
- Gómez-Miranda, A., Arriaga-Jordán, C. M., Vieyra-Alberto, R., Castro-Montoya, J. M., & González, F. L. (2023). Evaluation of weed silage in dairy cattle feeding in small-scale dairy systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), #074. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4900>
- González-Alcántara, F. D. J., Estrada-Flores, J. G., Morales-Almaraz, E., López-González, F., Gómez-Miranda, A., Vega-García, J. I., & Arriaga-Jordán, C. M. (2020). Whole-crop triticale silage for dairy cows grazing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) or tall fescue (*Lolium arundinaceum*) pastures in small-scale dairy systems during the dry season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52(4), 1903-1910. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02206-9>
- González-Cerón, F., Becerril-Pérez, C. M., Torres-Hernández, G., Díaz-Rivera, P., Santellano-Estrada, E., & Rosendo-Ponce, A. (2009). Infestación natural por *Amblyomma cajennense* y *Boophilus microplus* en bovinos criollo lechero tropical durante la época de lluvias. *Agrociencia*, 43(6), 577-584.
- González-Orozco, T. A. (2022). XVI Seminario de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en el estado de Querétaro. Indicadores productivos y reproductivos de referencia en lechería familiar en Guanajuato. Disponible en: https://youtu.be/A1nIXg2Oi_M
- González-Padilla, E., Lassala, A., Pedernera, M., & Gutiérrez, C. G. (2019). Cow-calf management practices in Mexico: Farm organization and infrastructure. *Veterinaria México OA*, 6(3), 1-17. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2019.3.677>
- Granados-Rivera, L. D., Quiroz-Valiente, J., Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Zurita, L., Díaz-Rivera, P., & Oliva-Hernández, J. (2018). Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 28(6), 47-57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>

- Hernández, J. (2016). *Fisiología clínica de la reproducción de los bovinos lecheros* (1era ed.) Universidad Nacional Autónoma de México. <http://dx.doi.org/10.22201/fmvz.9786070286902e.2016>
- Hernández-Reyes, E., Segura-Correa, V. M., Segura-Correa, J. C., & Osorio-Arce, M. M. (2000). Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia*, 34(6), 699-705.
- INEGI. (2023). Censo 2022 Agropecuario. Resultados definitivos. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/867>
- INIFAP. (2023). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: Programa anual de trabajo 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/826732/Programa_Anuales_de_Trabajo_2023.pdf
- Juárez-Barrientos, J. M., Herman-Lara, E., Soto-Estrada, A., Ávalos-de la Cruz, D. A., Vilaboa-Arroniz, J., & Díaz-Rivera, P. (2015). Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 25(4), 317-323.
- Khazandi, M., Al-Farha, A. A., Coombs, G. W., O'Dea, M., Pang, S., Trott, D. J., Avilés-Ruiz, R., Hemmatzadeh, F., Venter, H., Ogguniyi, A. D., Hoare, A., Abraham, S., & Petrovski, K. R. (2018). Genomic characterization of coagulase-negative staphylococci including methicillin-resistant *Staphylococcus sciuri* causing bovine mastitis. *Veterinary Microbiology*, 219, 17-22. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.04.004>
- Kusaka, H., Yamazaki, T., & Sakaguchi, M. (2023). Association of age at first calving with longevity, milk yield, and fertility up to the third lactation in a herd of Holstein dairy cows in Japan. *Journal of Reproduction and Development*, 69(6), 291-297. <http://doi.org/10.1262/jrd.2023-012>
- Lassala, A., Hernández-Cerón, J., Pedermera, M., González-Padilla, E., & Gutiérrez, C. G. (2020). Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. *Veterinaria México OA*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2020.1.839>
- López-González, F., Cantú-Patiño, M. G., Gama-Garduño, Ó., Prospero-Bernal, F., Colín-Navarro, V., & Arriaga-Jordán, C. M. (2020). Tall fescue and ryegrass pastures for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of Central Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), #39. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3126>
- Marín-Santana, M. N., González, F. L., Almaraz, E. M., Plata-Reyes, D. A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2023). Productive performance of grazing dairy cows on kikuyu grass pastures overseeded with rye in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), #086. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4621>
- Marín-Santana, M. N., López-González, F., Hernández-Mendo, O., & Arriaga-Jordán, C. M. (2020). Kikuyu pastures associated with tall fescue grazed in autumn in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52(4), 1919-1926. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02216-7>
- Martínez, J. F., Galina, C. S., Rubio, I., Balam, W. L., & Corro, M. D. (2021). Evaluación reproductiva y costos en programas de empadre estacional con *Bos indicus* en trópico mexicano. *Revista MVZ Córdoba*, 26(2), e2130. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2130>
- Martínez-Alba, M., Molina-Morejón, V., García-Munguía, C., Días-Carreto, E., Vivianco-Flórido, J., & Mata-Zamores, S. (2021). Estado del arte de la producción lechera mexicana. *Abanico Agroforestal*, 3, 1-18. <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2021.1>
- Montiel, F., & Ahuja, C. (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*, 85(1-2), 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.11.001>

- Montiel-Olguín, L., Espinosa-Martínez, M., Ruiz-López, F., Estrada-Cortés, E., Durán-Aguilar, M., & Vera-Avila, H. (2020). El día de parto y tamaño del hato impactan indicadores reproductivos en establos familiares. *Abanico Veterinario*, *10*, 1-10. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.23>
- Morales, J. M. (2022). *Análisis de opciones de transporte pesado para el traslado de productos* [Tesis de maestría, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli].
- North, M. A., Frank, J. A., Ouweneel, B., Trisos, & C. H. (2023). Global risk of heat stress to cattle from climate change. *Environmental Research Letters*, *18*(9), 094027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aceb79>
- Orihuela, A., & Galina, C. S. (2019). Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, *9*(5), 223. <https://doi.org/10.3390/ani9050223>
- Padilla y Sotelo, L. S., & Barrientos Padilla, S. B. (2010). Ganadería lechera: ¿un sector integrado? En A. López López & A. Sánchez Crispín (Eds.), *Comarca Lagunera. Procesos regionales en el contexto global* (pp. 283-299). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pastor López, F. J., Valenzuela Jiménez, N., Luna Espinoza, A. L., Isidro Requejo, L. M., Palomo Rodríguez, M., Aguilar Martínez, C. U., Sánchez Hernández, M. Á., & Salinas González, H. (2010). Incidencia de mastitis subclínica y su efecto en algunas características nutricionales de la leche en 4 establos de La Comarca Lagunera. *AGROFAZ*, *10*(4), 339-346.
- Plata-Reyes, D. A., Hernández-Mendo, O., Vieyra-Alberto, R., Albarrán-Portillo, B., Martínez-García, C. G., & Arriaga-Jordán, C. M. (2021). Kikuyu grass in winter-spring time in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico in terms of cow performance and fatty acid profile of milk. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(2), 225. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02672-9>
- Rangel, J., Perea, J., De-Pablos-Heredero, C., Espinosa-García, J. A., Mujica, P. T., Feijoo, M., & García, A. (2020). Structural and technological characterization of tropical smallholder farms of dual-purpose cattle in Mexico. *Animals*, *10*(1), 86. <https://doi.org/10.3390/ani10010086>
- Ríos-Mohar, J. A., López-Díaz, C. A., Hernández-Cerón, J., & Trueta-Santiago, R. (2022). Economic analysis of different pregnancy rates in dairy herds under intensive management. *Veterinaria México OA*, *9*, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.631>
- Ríos-Utrera, Á., Villagómez-Amezcuca, E., Zárate-Martínez, J. P., Calderón-Robles, R. C., & Vega-Murillo, V. E. (2020). Análisis reproductivo de vacas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú en condiciones tropicales. *Revista MVZ Córdoba*, *25*(1), e1637. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1637>
- Rocha Valdez, J., Gonzalez-Avalos, R., Avila-Cisneros, R., Peña Revuelta, B., & Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*, *9*, 1-7. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.920>
- Rodríguez-Hernández, K., Ochoa, E., & Recio, K. (2021). Efecto de las buenas prácticas de manejo del calostro pasteurizado en el desempeño de becerras lecheras. En A. M. Anaya Escalera, C. García Figueroa, M. E. Arechavaleta Velasco & L. Reyes Muro (Eds.), *LVI reunión nacional de investigación pecuaria* (pp. 551-553). INIFAP.
- Rodríguez-Hernández, K., Arias, L., Villaseñor, F., Ochoa, E., Contreras-Govea, V., & Sánchez-Duarte, J. (2020). Comparación del crecimiento de vaquillas de reemplazo en dos sistemas de producción de leche en México. *Ciencia e Innovación*, *3*(1), 201-207.
- Rojó-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán-Portillo, B., González-Reyna, A., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar,

- S., Cardoso-Jiménez, D., Dorantes-Coronado, E. J., & Gutierrez-Cedillo, J. G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41(5), 715-721. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9249-8>
- Román, H., Ortega, L., Hernández, L., Díaz, E., Espinoza, J. A., Nuñez, G., Vera, H. R., Medina, M., & Ruiz, F. J. (2009). *Producción de leche de bovinos en el sistema doble propósito. Libro Técnico Núm. 22*. INIFAP.CIRGOC.
- SIAP. (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Statista Research Department. (2021). Producto interno bruto (PIB) del sector pecuario en México del primer trimestre de 2015 al segundo trimestre de 2021. <https://es.statista.com/estadisticas/608600/pib-del-sector-de-laganaderia-en-mexico/>
- Toledo-Alvarado, H. O., Ruiz López, F. J., Vásquez Peláez, C. G., Berruecos Villalobos, J. M., & Elzo, M. A. (2014). Parámetros genéticos para producción de leche de ganado Holstein en dos modalidades de control de producción. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(4), 443-457.
- Tinoco-Magaña, J. C., Aguilar-Pérez, C. F., Delgado-León, R., Magaña-Monforte, J. G., Ku-Vera, J. C., & Herrera-Camacho, J. (2012). Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*, 44(5), 1073-1078. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0042-8>
- Vega-García, J. I., López-González, F., Morales-Almaraz, E., & Arriaga-Jordán, C. M. (2021). Grazed rain-fed small-grain cereals as a forage option for small-scale dairy systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 511. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02958-y>
- Velázquez, H. Galindo, L., Barrientos, M., Galina, C. S., Maquivar, M. G., & Montiel, F. (2020). Effect of the technological status of small cow-calf farm producers on the induction to resumption of ovarian activity of dual-purpose cattle raised under tropical conditions. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 10, 195-205. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2020.1011017>
- Vélez, I. A. P., Espinoza, G. J. A., Omaña, S. J. M., González, O. T. A., & Quiroz, V. J. (2013). Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3, 88-96.