



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**COMPORTAMIENTO DE GANADO HOLSTEIN EN AGROEMPRESAS DE
LECHERÍA FAMILIAR CON DIFERENTE NIVEL TECNOLÓGICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

NORLAN ARIEL CALDERA NAVARRETE

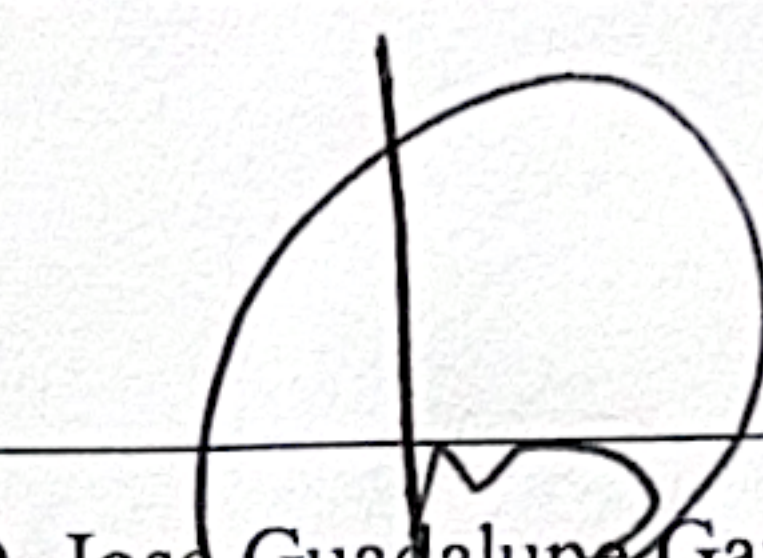


**Mayo de 2003
Chapingo, Estado de México**

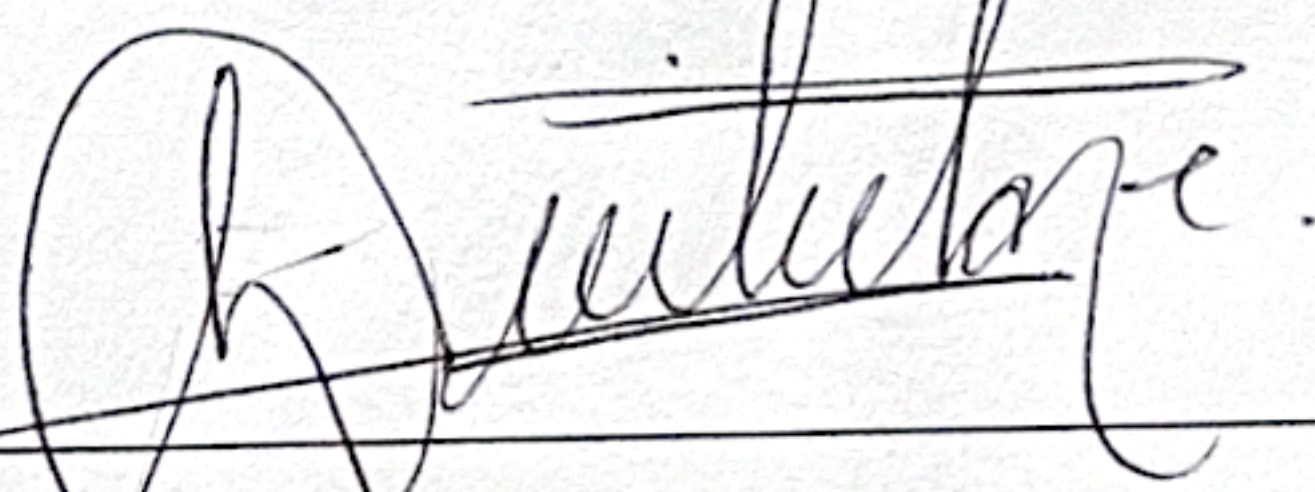
COMPORTAMIENTO DE GANADO HOLSTEIN EN AGROEMPRESAS DE LECHERÍA FAMILIAR CON DIFERENTE NIVEL TECNOLÓGICO

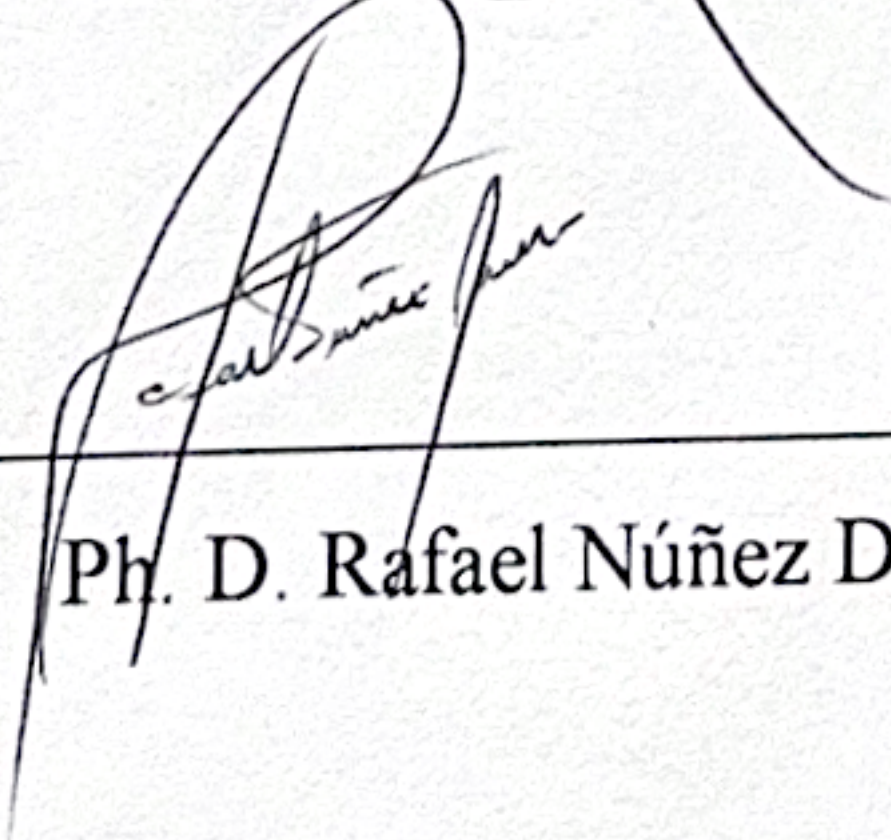
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Norlan Ariel Caldera Navarrete, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal, estuvo constituido por:

DIRECTOR: 
Ph. D. D. Valentina Mariscal Aguayo

ASESOR: 
Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR: 
Ph. D. Rodolfo Ramírez Valverde

ASESOR: 
M.C. Heriberto Estrella Quintero

ASESOR: 
Ph. D. Rafael Núñez Domínguez

“Este trabajo de investigación fue realizado con una beca de la Secretaría de Relaciones Exteriores otorgada por el Gobierno de México”

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre Norlan José Caldera (q.e.p.d.), el cual me apoyo e inculcó que vale bien el sacrificio hecho, porque la recompensa a obtener será mayor que el esfuerzo realizado.

A mi esposa Teresa Isabel y a mis dos hijas (Fernandita y Alejandrita), que me transmitieron amor y apoyo en todo momento, que aunque lejos siempre confiaron en mí.

A mi madre, hermanos y sobrinos, por su apoyo y cariño brindado lo que me mantuvo motivado a seguir superándome espiritual y profesionalmente.

A todos mis amigos y compañeros de posgrado, por su amistad y apoyo que me brindaron durante mi estancia en México.

GRACIAS A TODOS

Norlan Ariel

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y el Posgrado en Producción Animal, por darme la oportunidad de lograr una formación académica integral.

Al Gobierno de México, que a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores me brindo el apoyo necesario para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias.

A los profesores, y personal administrativo del Posgrado en Producción Animal por sus importantes aportes académicos y apoyos brindados durante mi estancia en posgrado.

Al honorable Comité Asesor y Jurado revisor: *Ph. D.* D. Valentina Mariscal Aguayo, *Ph. D.* José Guadalupe García Muñiz, *Ph.D.* Rodolfo Ramírez Valverde, M.C. Heriberto Estrella Quintero, *Ph.D.* Rafael Núñez Domínguez, por el apoyo brindado y por sus importantes observaciones para la culminación de este trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS

1. DATOS PERSONALES

Nombre: Norlan Ariel Caldera Navarrete
Fecha de nacimiento: 08 de junio de 1967
Lugar de origen: Masaya, Nicaragua
Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

2. FORMACIÓN ACÁDEMICA

1973-1979 Primaria: Anexa San Juan Bosco, Masaya, Nicaragua
1981-1987 Secundaria: Instituto Nacional Héroes y Mártires de la Reforma, Masaya, Nicaragua
1988-1992 Estudios universitarios: Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
1999 Posgrado en docencia universitaria: Instituto Paulo Freire Universidad Popular de Nicaragua
2001-2002 Estudios de Maestría en Producción Animal en el Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México

3. EXPERIENCIA PROFESIONAL

1989-1990 Auxiliar técnico de la “Empresa Productora de Huevos y Aves de Reforma Agraria” (EPHARA), Masaya, Nicaragua.
1991-1992 Asesor técnico de Porcinocultores del departamento de Masaya.
1994 a la fecha Técnico facilitador del Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua, departamental Masaya, Nicaragua.
1995-2001 Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Popular de Nicaragua, Chontales, Nicaragua.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DATOS BIOGRÁFICOS.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
 CAPITULO I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	 1
1.1. La actividad lechera.....	2
1.2. Modelos de producción de leche.....	6
1.3. Los Altos de Jalisco.....	10
1.4. Tipología de productores.....	12
1.5. Producción de leche.....	18
1.6. Factores que afectan la producción de leche y la forma de la curva de lactancia.....	27
 CAPITULO II. COMPORTAMIENTO DE GANADO HOLSTEIN EN AGROEMPRESAS DE LECHERIA FAMILIAR CON DIFERENTE NIVEL TECNOLÓGICO.....	 48

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales entidades federativas productoras de leche en México.....	5
Cuadro 2. Características básicas de los sistemas de producción de leche en México.....	7
Cuadro 3. Características de la lechería en la región de los Altos de Jalisco.....	11
Cuadro 4. Promedios de indicadores productivos y reproductivos en ganado bovino Holstein encontrados en diferentes agroempresas en México.....	19
Cuadro 5. Características de los diferentes niveles tecnológicos obtenidos en la tipificación de agroempresas del sistema de lechería familiar en la región de los Altos de Jalisco.....	55
Cuadro 6. Efecto del nivel tecnológico y número de parto sobre la variable días abiertos (DA) en agroempresas de lechería familiar.....	61
Cuadro 7. Nivel de significancia (probabilidad) para la variable reproductiva intervalo entre partos (IEP) y las variables producción de leche total (PLT), días al pico de máxima producción (DPP), producción de leche al pico de la lactancia (PP) y persistencia (PER).....	62
Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para la variable reproductiva intervalo entre parto (IEP) y las variables producción de leche total (PLT), días al pico de máxima producción (DPP), producción de leche al pico de la lactancia (PP), persistencia (PER), obtenidos para los efectos de nivel tecnológico, número de parto, año de parto, y época de parto.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con época de parto sobre la variable intervalo entre partos de vacas Holstein, en agroempresas de lechería.....	63
Figura 2. Curvas de lactancia ajustadas a 305 días (ecuación de Wood), para vacas Holstein, por nivel tecnológico en agroempresas de lechería familiar.....	64
Figura 3. Efecto de la interacción del nivel tecnológico por época de parto sobre la producción de leche total de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar.....	65
Figura 4. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con año de parto sobre los días al pico de producción de leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar.....	67
Figura 5. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con época de parto sobre la producción de leche al pico de la lactancia de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar.....	68
Figura 6. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con la época de parto sobre persistencia en leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar.....	69
Figura 7. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con año de parto sobre persistencia en leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar.....	70

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. La actividad lechera

La actividad lechera constituye una de las más importantes actividades pecuarias en el ámbito mundial. En algunos países y regiones contribuye de manera significativa al producto agropecuario, y es de los sistemas pecuarios el que ofrece un mayor número de empleos, lo que en algunas naciones alcanza relativa importancia dado el carácter no especializado y semi-intensivo de la producción (De la Fuente *et al.*, 1993).

La actividad lechera en México representa la segunda en importancia dentro del subsector ganadero, con el 22.8% del valor de la producción y es una de las principales fuentes de suministro de proteína animal dentro del país, aunque el consumo aparente per cápita es de 324 mL inferior a los 500 mL recomendados por la OMS¹. Así mismo, en torno a toda la cadena de lácteos se generan más de 50,000 empleos (Serfin, 1995)².

El sector lechero nacional juega un papel muy importante dentro de la economía del país; junto con la industria procesadora de productos lácteos aporta el 1.3% de PIB y genera, aproximadamente 1.5 millones de empleos. En los últimos años se ha reportado un importante déficit en la producción de leche, el cual ha tenido que ser cubierto con importaciones equivalentes al 35% del consumo nacional, situando a nuestro país como el principal importador en el mercado internacional (ASERCA, 1996).

¹ Organización Mundial de la Salud

² Grupo Financiero SERFIN, reporte estadístico, 1995

En México, la producción lechera se consolida a inicios de la década pero su consolidación como lechería comercial se da a partir de los años 40's, condicionada por el desarrollo industrial y el mercado interno. En el periodo 1950-1970, se presenta un proceso de integración horizontal y vertical de la actividad lechera, dando como resultado algunas de las plantas pasteurizadoras e industrializadoras de lácteos que actualmente existen (SAGAR, 2000).

Debido a que la producción nacional ha sido insuficiente para cubrir la demanda total del lácteo, se ha recurrido a las importaciones de leche en polvo para complementar el abasto nacional, la cual ha significado el 48% del total de productos importados en volumen (SAGAR, 2000).

Hasta antes de la década de los 90's, la estrategia de abasto del lácteo se había sustentando en un principio del subsidio al consumo, con base en el control de precios y de importaciones de leche en polvo, dadas las condiciones de oferta internacional y de bajos precios de la leche en polvo importada, lo cual de hecho, limitó el desarrollo del sector lechero nacional, y cuyo costo fue el desincentivar la inversión y la producción por problemas de rentabilidad. Durante la década de los años 90, las principales acciones dirigidas al impulso de la actividad lechera nacional, fueron a través de nuevos mecanismos para ejercer los cupos libres de arancel de la leche en polvo importada, la liberación del precio de la leche y los apoyos gubernamentales. Sólo, se mantuvo el esquema subsidiado de distribución de leche en los programas sociales. La distribución de la producción de leche se encuentra relacionada con los mecanismos de recolección, transporte y acopio de la leche, los cuales son diversos y dependen del sistema de producción, tipo de agente

comercializador, grado de integración, volumen y destino final del producto. En 1998, se estimaba que la disponibilidad de leche era de 9.6 miles de millones de litros de leche, de los cuales 8.3 miles de millones corresponden a la producción nacional y 1.3 miles de millones a importaciones. La producción nacional se destina a su procesamiento industrial y parte de ésta se consume como leche cruda (“bronca”). Las importaciones se han canalizado fundamentalmente para apoyar los programas sociales del gobierno y para complementar el abasto a la industria de la transformación. La producción de leche descremada en polvo en el ámbito mundial en 1998 fue de 3,077 miles de toneladas, siendo la Comunidad Económica Europea, (constituida por 15 países), el principal productor de leche fluida en el ámbito mundial, seguida por los Estados Unidos de América. En este marco, México ocupa el 13vo. lugar, ubicándose entre Canadá y China (SAGAR, 2000).

Según un estudio realizado por SAGAR (1999), la producción lechera en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico. Además de la variabilidad de condiciones climatológicas, éstas adquieren características regionales propias por la tradición y costumbres de la población. Si bien, la producción de leche se desarrolla en todo el país, en 1998 tan sólo siete entidades federativas contribuyeron con el 59% de la producción nacional, que fue de 8,316 millones de litros. Dentro de éstas destacan los estados de Jalisco, Durango, Coahuila y Chihuahua, quienes ocupan los cuatro primeros lugares en producción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales entidades federativas productoras de leche en México

Estados	Porcentaje ^a	Producción de leche ^b
México	5.0	415.80
Veracruz	7.0	582.12
Guanajuato	7.0	582.12
Chihuahua	8.0	665.28
Coahuila	10.0	831.60
Durango	10.0	831.60
Jalisco	15.0	1247.40
Otros ^c	38.0	3160.08
Total	100.0	8316.00

^a Porcentaje de participación en la producción nacional.

^b En millones de litros de leche.

^c Restos de estados de la República Mexicana.

Fuente: Elaborado basándose en datos de SAGAR, 1999.

Considerando este panorama, es necesario mejorar la eficiencia productiva de las agroempresas. Para lograr una adecuada mejora en la actividad, es necesario poner énfasis y cuidado en todas las fases del proceso productivo, desde la obtención de alimentos o insumos de calidad con bajo costo, hasta un diseño y empleo de técnicas de manejo adecuadas para disminuir costos y elevar el comportamiento productivo del ganado. Otras acciones para incrementar la productividad y la eficiencia son la transferencia de tecnología, asesoría técnica, organización de productores y capacitación, apoyos financieros con tasas de interés competitivas, apoyos al crecimiento, eficientización e integración a la cadena productiva (FIRA, 1997).

Para poder comprender la dinámica de estos sistemas de producción agropecuarios, en América Latina se ha adoptado el enfoque de sistemas en la investigación agropecuaria. Este enfoque está orientado al productor. Dado que el productor se considera como el beneficiario de la investigación, ésta debe guardar relevancia con sus metas, necesidades y

prioridades del mismo. Por ello, los sistemas de producción pecuarios son el marco de referencia, y por lo tanto, la investigación debe considerar las interacciones entre los componentes del sistema. Este enfoque de sistemas promueve la participación de los productores en la investigación. Con ello, el investigador gana mayor comprensión del sistema de producción y permitiendo una retroalimentación de información entre los productores, los investigadores y los agentes de extensión (Ruiz, 1987).

Como se mencionó anteriormente, es necesario mejorar la eficiencia de producción de los sistemas agropecuarios, y una manera de mejorar ésta, es conociendo los indicadores técnicos y económicos del sistema, los cuales permitirán la toma oportuna de decisiones adecuadas en el manejo de estas agroempresas. Para la obtención de estos indicadores se requiere de la implementación de registros de información de todos los eventos que se desarrollan en cada uno de los subsistemas, del sistema de producción. Cabe mencionar que la cultura de la implementación de estos registros es muy limitada (Estrella, 1996).

1.2. Modelos de producción de leche

1.2.1. Modelos de producción en Latinoamérica

En América Latina Tropical, la leche es producida, principalmente, en sistemas especializados y en pequeñas agroempresas de doble propósito (Aldana, 1990). Con frecuencia, se ha considerado que éstas últimas son ineficientes, de baja productividad y poco rentables. No obstante, ha persistido a través del tiempo y se estima que alrededor del 40% de la leche producida en la región y el 78% de las vacas que se ordeñan están en este sistema, principalmente en agroempresas de pequeños productores donde las pasturas son la principal fuente de alimentación (Rivas, 1992). La producción animal en estos sistemas de

doble propósito es una actividad importante de los pequeños productores de la mayoría de las regiones tropicales de América Latina. Sin embargo, los sistemas tradicionales son, a menudo, marginales en el sentido económico (Riesco, 1992) y utilizan prácticas de uso de la tierra que no se consideran sostenibles a largo plazo. En particular, aquellas que se aplican en la producción con ganado de doble propósito en las zonas de ladera y en márgenes de bosques tropicales (Pezo *et al.*, 1992).

1.2.2. Modelos de producción en México

En México, la producción de leche se realiza en sistemas que van desde el tecnificado hasta los de subsistencia en una misma región, distinguiéndose en forma general cuatro sistemas productivos: el especializado, el semiespecializado, el de doble propósito y el familiar o de traspatio (Cuadro 2). De acuerdo con los datos de SAGAR (1999), la contribución de los diferentes sistemas productivos en la producción nacional de leche para 1998, era para los sistemas especializados de 4,158 millones de litros, los sistemas semiespecializados aportaron 1,746.36 millones de litros, el sistema doble propósito aportó una producción de 1,663.2 millones de litros y el sistema familiar o de traspatio 748.44 millones de litros.

Cuadro 2. Características básicas de los sistemas de producción de leche en México

Características	Especializado	Semiespecializado	Familiar	Doble Propósito
Tamaño promedio del hato (cab.)	300-400	180-200	2-10	30-40
Días de lactancia	305	280-305	210-260	120-180
Rendimiento (L/día)	20-27	18-20	6-12	3-9
Porcentaje en la producción nacional	50 %	21 %	9 %	20 %
Producción de litros leche por sistema ^{1,2}	4,158	1746.36	748.44	1663.2

¹ participación de los sistemas productivos en la producción nacional de leche en el año 1998.

² millones de litros.

Fuente: SAGAR, 1999.

1.2.2.1. El sistema especializado (intensivo o estabulado)

El sistema especializado, también conocido como intensivo o estabulado, se caracteriza por contar ganado especializado en la producción de leche, principalmente de la raza Holstein en 95% de los casos y en menor grado Suizo Pardo Americano y Jersey, con un promedio de 350 vacas por hato, las cuales producen de 4-6 mil L vaca⁻¹año⁻¹, la duración promedio de lactancia es de 10 meses. La alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados (9-10 kg vaca⁻¹día⁻¹) y forrajes verdes ensilados. La ordeña es del tipo mecánico; poseen equipo de enfriamiento de leche, de igual manera existe un buen control sanitario y buena capacitación (Muñoz, 1995). De acuerdo con SAGAR (2000), la aportación del total nacional de leche fresca es alrededor del 50.5% (4,158 millones de litros) con sólo 17.44% del total de vientres productores de leche (692,491 mil cabezas).

1.2.2.2. El sistema semiespecializado (semiestabulado)

Este sistema se caracteriza porque la base genética del ganado es de raza Holstein y Pardo Suizo y sus cruza, sin llegar a los niveles de producción y duración de lactancia del sistema especializado. El ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación, en pequeñas extensiones, con instalaciones adaptadas a las agroempresas lecheras. El ordeño se realiza en forma mecánica o manual, careciendo en la gran mayoría de los casos de equipo propio para enfriamiento y conservación de la leche, por lo que se considera un nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo. La alimentación del ganado la constituye el pastoreo, complementando con forrajes de corte y concentrado, existiendo cierto tipo de control productivo y programas de reproducción que incluye la inseminación artificial. Dentro de este sistema, en 1998 se alcanzó una producción nacional de leche del

21% (1,746.36 millones de litros) con un total de vientres productores de 591,555 cabezas lo que representa el 14.9% del inventario nacional (SAGAR, 2000).

1.2.2.3. El sistema de lechería tropical o de doble propósito

En el caso de la lechería tropical, conocida como de doble propósito, la crucea Cebú-Suizo es la más utilizada, la alimentación de este ganado es basada en pastoreo (implantado y libre), con el mínimo de suplementación alimenticia y ocasionalmente en el empleo de subproductos agrícolas. Cuentan con instalaciones adaptadas, empleando para su construcción material de la región, el promedio de cabezas por hato es de 40 vacas, con 580-720 L vaca⁻¹año⁻¹ y la duración de lactancia es de 7-6 meses promedio, el tipo de ordeña es manual y no cuentan con sistemas de enfriamiento (Muñoz, 1995). Este sistema tiene deficiencias en diferentes áreas como son: prácticas de medicina preventiva y reproductiva, mejoramiento genético y manejo de los recursos forrajeros, entre otros. La contribución del sistema es del 20% del volumen total de la producción de leche (1, 663.2 millones de litros), con el 59.68% (2, 369, 913 cabezas) del total de vientres lecheros (SAGAR, 2000).

1.2.2.4. El sistema de lechería familiar o de traspatio

En lo referente al familiar o de traspatio, el ganado utilizado es con base en raza Holstein y en menor proporción Suizo Pardo Americano y cruza, promediando 8 vacas por hato, las que producen de 1.6–2.8 mil L vaca⁻¹año⁻¹. Este segmento aporta 9% (748.88 millones litros) de la producción total de leche fresca con el 7.98% (316,8441 cabezas) del inventario total de vientres productores de leche del país (SAGAR, 2000).

La alimentación de estos sistemas se basa en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los cultivos que produce el mismo productor, mezclados con maíz molido y del pastoreo directo en pastos nativos. La ordeña es generalmente manual, el nivel tecnológico en este sistema en cuanto a la producción de leche es bajo; los productores no realizan prácticas reproductivas, de medicina preventiva o mejoramiento genético, se carecen de registros de producción y las instalaciones son rudimentarias (Muñoz, 1995; SAGAR, 2000).

1.3. Los Altos de Jalisco

Actualmente, el estado de Jalisco es el principal productor de leche en México y el sistema de producción predominante es el de lechería familiar. Así mismo, la región de los Altos de Jalisco es una cuenca tradicionalmente ganadera y especializada en la producción lechera (Cuadro 3). Se considera una cuenca de lechería familiar, la cual se encuentra en manos de pequeños productores con una población de 12 a 25 vacas, por lo que se asemeja mucho a los sistemas de producción que predominan en el resto de América Latina y el Caribe y por la importancia que esta región representa en el producto pecuario dentro de la economía mexicana.

Jalisco es el estado con mayor producción de leche en el país, en 1997 aportó el 15.7% del volumen nacional (1,231, 283,000 litros, de 7,848,105,000 litros). Los Altos es la región de Jalisco con mayor producción. Sin embargo, el sistema leche en Los Altos se ha tenido que reorganizar de acuerdo a las nuevas exigencias de competitividad del proceso de globalización-regionalización económica. Esto ha resultado en una nueva forma de integración vertical entre productores primarios y agroindustria del ramo.

1.3.1. Tenencia de la tierra de los Altos de Jalisco

La tenencia de la tierra en la región de los Altos de Jalisco, constituye un caso especial, ya que a diferencia de otras regiones del país, la mayor parte de la tierra es privada. Esta situación quizá sea determinante para que a través de los años esta región se distinga por conservar su tipo de producción, misma que ha sido heredada de padres a hijos.

La distribución de la superficie en las diferentes formas de tenencia de la tierra es la siguiente: el 10.8% (151,845 ha) de la superficie de la región es ejidal, y el 88.2% (1, 243, 334 ha) propiedad privada y un 1% (14,460 ha) es común. Como punto de comparación en el estado de Jalisco, se tiene el 23.2% de la superficie bajo régimen ejidal. Por otra parte, en la región de los Altos de Jalisco el 65.2% de los productores son pequeños propietarios (SAGAR, 1999).

Cuadro 3. Características de la lechería en la región Altos de Jalisco

Indicadores	Características
Tenencia de la tierra	Pequeños y grandes propietarios privados
Tipo de productor en función del tamaño del hato	- Grandes, 10% (entre 100 y 500 cabezas) - Medianos, 20% (entre 25 y 100 cabezas) - Pequeños, 70% (entre 6 y 20 cabezas)
Importancia económica de la producción de leche en la unidad familiar	Ha perdido importancia en el ingreso familiar. La tendencia es hacia la diversificación en los ingresos de las actividades de la unidad familiar, pero no a la desaparición, por la permanencia de la cultura lechera
Sistema de producción	Lechería familiar semiestabulada de especialización flexible
Tipo de ganado	Holstein holandés criollo y cruza
Rendimiento promedio por vaca al día	10 litros (entre 8 y 24 litros)
Nivel tecnológico	- Los grandes productores están altamente tecnificados - Los medianos cuentan con ranchos semimodernos - Los pequeños cuentan con infraestructura mínima

Fuentes: Hernández (1996), Rodríguez (1996) y Chombo (1997).

1.4. Tipología de productores

Una tipología de productores facilita el establecimiento de criterios de focalización, jerarquización y priorización de los instrumentos de política pública, que permitan el diseño de una estrategia de asistencia técnica. La enorme variabilidad de situaciones que se presentan en el campo, ya sea porque los productores son diferentes, como también porque habrá una diversidad de situaciones (plantaciones, manejo de las agroempresas, los mercados de productos e insumos, la demanda por servicios ambientales, la demanda por empleo, etc.) al interior de cada una de esas categorías, las cuales no son estáticas, sino por el contrario muy dinámicas, lo que exige hacer una distinción entre los productores agropecuarios de un determinado sistema (Peña, 2000).

La tipificación de fincas (empresas agropecuarias) se ha utilizado para una variada gama de objetivos, entre los que se destacan: (a) para el diagnóstico y caracterización de una región; (b) para apoyar el diseño de políticas al nivel de zona o país; (c) para la función de políticas de investigación y transferencia de tecnología y (d) para apoyar la gestión de proyectos de investigación y desarrollo. El procedimiento de análisis de la información para la realización de una tipología consta de tres pasos: (a) revisión y selección de variables para el análisis de tipificación y clasificación; (b) análisis de componentes principales y (c) análisis de los grupos de estudio (conglomerados).

Frecuentemente, las tipologías de productores agropecuarios se remiten a la forma de organización del trabajo, ya sea ésta familiar o de asalariado (González y Román, 2000). Por otra parte, los productores familiares se reconocen como sujetos que combinan el trabajo directo con la propiedad de capital. El concepto de unidad económica permite estimar el

capital necesario para que una unidad de producción familiar genere excedentes, o bien determinar la sensibilidad a los cambios al estar afectada por precios de insumos y productos, como también respecto a la tecnología predominante, al referirse a cada zona y tipo de producción(González y Román, 2000).

1.4.1. Experiencias en Latinoamérica

Pérez *et al.* (1999), al tipificar sistemas de producción ganaderos de doble propósito en Venezuela, se basaron en una caracterización socio-técnica-económica de los grupos de agroempresas identificadas, para ello consideraron variables (datos del productor y de la agroempresa, recursos hídricos, manejo del rebaño, manejo del pastizal, producción, mano de obra, maquinaria y equipos, crédito y administración); que les permitiera realizar una agrupación de las agroempresas en estudio, y poder establecer los indicadores productivos y económicos. Urdenata *et al.* (1999) también basaron su trabajo en una caracterización socio-técnica-económica para evaluar la eficiencia productiva de sistemas de producción de doble propósito en el trópico venezolano, consideraron la información para establecer indicadores de eficiencia técnica y económica (ganancia operativa, ganancia neta, ingreso, costos monetarios y no monetarios por hectárea, kilogramos de carne y litros de leche por hectárea, y litros de leche por vaca en ordeño). Estos indicadores les permitieron realizar comparaciones entre los arreglos tecnológicos y establecer las diferencias en eficiencia de los mismos.

Hernández *et al.* (2002), al tipificar empresas agropecuarias, utilizaron técnicas multivariadas de tipificación o análisis de clúster. Para ello, utilizaron variables de composición del uso del suelo y existencias de animales, definiendo variables tipificadoras

como porcentaje de hectáreas utilizadas (bosques, rastrojeras, cultivos, tierras improductivas, etc.) y total de cabezas de ganado por hectárea. Esto permitió clasificar a las empresas agropecuarias en grupos homogéneos que servirían de base para caracterizar a éstas y poder comprender su dinámica desde el punto de vista agroeconómico, tecnológico, social y productivo.

1.4.2. Experiencias en México

En México, se han realizado varios trabajos tratando de tipificar los sistemas de producción desde el punto de vista socioeconómico y para establecer ventajas comparativas entre ellos y determinar el grado de rentabilidad de los mismos.

FIRA (2001) realizó una comparación de los cuatro sistemas de producción predominantes en México (especializado, semiespecializado, doble propósito y lechería familiar), destacando el hecho de que los sistemas especializados obtienen las mayores utilidades y volúmenes de producción de leche; además, de ser los sistemas más competitivos en los diferentes escenarios económicos, pero son los que producen a un mayor costo. Los sistemas de lechería familiar, son menos eficientes que los sistemas especializados, pero mantienen un grado de rentabilidad aceptable debido al uso de la mano de obra familiar, lo que baja sus costos de producción.

En los trabajos de Muñoz y Zepeda (1995) y Odermatt y Santiago (1997), se buscaron las ventajas comparativas del sistema de producción de lechería familiar al ser comparado con el sistema especializado y el de doble propósito, el enfoque dado a dichos trabajos, se basa en el uso eficiente de los recursos con que disponen estos sistemas de producción y

remarcan que el sistema de lechería familiar es el que hace el uso más ineficiente de los recursos disponibles y tiene los costos de alimentación más altos en comparación a los sistemas especializados.

Sánchez (1979) señala que los sistemas de lechería familiar son aquellos que poseen entre 1 y 20 vacas y producen el litro de leche por encima del valor del mismo en el mercado, sin embargo, estos siguen prevaleciendo en el mercado y refiere este fenómeno al hecho de utilizar ampliamente la mano de obra familiar y de la íntima relación entre la actividad agrícola con la pecuaria.

Sánchez (1985) en un trabajo realizado en la región de los Altos de Jalisco, tipifica las agroempresas lecheras en empresariales, medianas y pequeñas, donde señala que las agroempresas medianas (11-50 vacas) y las pequeñas (5-10 vacas) son las de tipo familiar, y encontró que éstas obtienen beneficios durante la época de lluvias, por la disponibilidad de alimentos (pastos) y la disminución en costos de compra de alimentos concentrados, en dicho trabajo no se realizaron cuantificaciones de aspectos productivos, solamente fue basado en lo expresado por los productores. En otros trabajos realizados en México (Antúnez, 1994; Herrera *et al.*, 1997) para tipificar las lecherías de tipo familiar, éstas fueron divididas en cuatro estratos de acuerdo al número de vacas: E1= 1-5 vacas; E2= 6-10 vacas; E3= 11-20 vacas; E4= 21 o más, encontrando que dentro del esquema de costos de producción la mano de obra representó el 25-47% del costo total de un litro de leche y que los costos de alimentación representan entre el 42 y 61%. No obstante, Antúnez (1994) señala que los estratos más pequeños (E1 y E2) generan utilidades negativas llegando a perder \$0.41 centavos por litro de leche, aquí se consideró el valor del aprovechamiento de

la mano de obra familiar. En cambio Herrera *et al.* (1997), señalan que de los cuatro estratos, el de menor cantidad de vacas (E1) presentó los menores costos de producción, y a su vez estos productores son capaces de soportar en mayor porcentaje (hasta un 50%) un incremento en los costos de producción en comparación a E4, que no es capaz de soportar un incremento más allá de un 15%.

Valencia y Velasco (2000), y Salinas y Tornez (2000) en trabajos de investigación caracterizaron los sistemas de lechería familiar tanto de la parte norte y sur de los Altos de Jalisco, para establecer ventajas comparativas dentro del sistema de lecherías de la región y así obtener un amplio panorama de las mismas.

Otros autores tratando de explicar, el por que no se puede considerar al sistema de lechería familiar como ineficiente, centraron su trabajo en tipificar a los sistemas de lechería familiar en la región de los Altos de Jalisco, por ser esta una zona donde predomina la producción lechera de tipo familiar y poder establecer cual es su realidad, integrando muchos aspectos que se han analizado de forma individual y que no han podido brindar una radiografía más real de este sistema. Cervantes (2000) y Cervantes *et al.* (2001) basaron su trabajo en la metodología para la elaboración de tipología de actores, propuesta por Herrera (1998). Esta metodología parte del supuesto de que la realidad de los pequeños productores es más heterogénea de lo que normalmente se percibe, y ayuda a la búsqueda y concepción de grupos más homogéneos de productores en la perspectiva de encontrar soluciones apropiadas a las condiciones de cada uno. Para establecer los grupos de productores y describirlos, la metodología utiliza tres tipos de criterios que son: a) criterios principales, son los que definen la inclusión de los actores y las categorías generadas, por esta razón,

decidir cuales son los criterios principales, es una de las tareas más importantes, que debe desarrollarse con sumo cuidado; b) criterios de calificación, como su nombre lo indica, califican las categorías de productores una vez definidas; y finalmente, c) criterios de cuantificación, éstos establecen claramente cuáles son las diferencias que distinguen a las categorías de productores entre sí. Para decidir cuáles son los criterios principales más adecuados para realizar la tipología de productores, Cervantes (2000) propone la utilización de una matriz de correlaciones (Doménech y Portell, 1993), en la cual se seleccionan las variables e indicadores de interés posible. El estudio permitió definir cuatro criterios principales (uso o no de inseminación artificial, uso o no de alfalfa, tipo de ordeña y forma de organización para la comercialización de la leche), los cuales presentaron las correlaciones más importantes con otras características, lo que permitió utilizarlas como criterios de agrupamiento de las unidades de producción con características similares, además de estar muy correlacionadas con el rendimiento y la utilidad económica. Dicho estudio, permitió establecer los grupos de productores de acuerdo al grado tecnológico alcanzado, y establecieron dos grupos de tecnología moderna, dos grupos de tecnología intermedia y dos de tipo tradicional, concluyendo que para que las agroempresas sean rentables, los sistemas de lechería familiar deben poseer un número determinado de vacas (22-25 cabezas en producción); además, de adoptar algunos elementos del modelo Holstein de producción de leche y tener un grado de organización que les permita adquirir insumos a menor costo.

Lara-Covarrubias *et al.* (2003), al establecer las ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, reportan que al comparar los cuatro sistemas de producción en la región (especializado, semiespecializado, familiar y doble propósito), se

encontró que solamente los sistemas especializados, y semiespecializados resultan ser rentables y competitivos, ya que el valor agregado de la producción cubre los costos de producción reales, pero a su vez señalan, que de los cuatro sistemas, solamente el de doble propósito no presenta ventajas comparativas. Dichas ventajas la refieren en términos de rentabilidad social, es decir, la relación ingresos-egresos, la cual es buena para los sistemas especializados, semiespecializados y tipo familiar de la región de los Altos de Jalisco, fuera de los escenarios de políticas de subsidios e impuestos. De tal forma, que por cada unidad de divisa invertida se ahorran 0.1, 0.37 y 0.29 unidades de divisa en los sistemas especializado, semiespecializado y familiar, respectivamente; estos autores concluyen que el sistema de lechería familiar de producción de leche de Jalisco, hace un uso bajo del capital y utiliza de forma intensiva la mano de obra, presenta ventajas comparativas y tiene el menor costo de producción, pero no presenta competitividad debido a que obtiene un bajo precio por litro de leche.

1.5. Producción de leche

El ganado Holstein en México representa la raza más importante de la ganadería lechera nacional. Varios autores han reportado valores de producción en sistemas intensivos que varían de 2,716 a 7,393 kg. Algunos valores de producción de leche encontrados en ranchos de México se resumen en el Cuadro 3. La variación en producción de una agroempresa a otra, puede deberse al nivel nutricional, instalaciones, manejo del hato, sanidad, calidad genética de los hatos y tiempo en que se cuantificó la producción.

Cuadro 4. Promedios de indicadores productivos y reproductivos en ganado bovino Holstein encontrados en diferentes agroempresas en México

Autor	Localidad	PL ^a (kg)	PLT ^b ajustada a 305 días (kg)	LL ^c (días)	IEP ^d (días)	DA ^e (días)
Castillo (1976)	Valle de México		5,231		450.82	
Julián (1978)	Querétaro		5,543			
Díaz <i>et al.</i> (1982)	Comarca Lagunera	7,059	6,795			
Castañeda (1984)	Texcoco		4,499		392.32	110
Lara (1989)	Puebla	5,516			395.90	
Ruiz (1989)	Comarca Lagunera	6,597			419.30	
Ortiz (1989)	Tizayuca, Hgo.		6,257		413.29	
Avendaño y Mondragón (1990) [†]	Norte de México	5,324	6,687	288		
Castillo (1991)	Estado de México		5,591			
Salas (1994)	Cd. Guzmán, Jal.		5,526			
Gutiérrez (1994)	Comarca Lagunera	7,393	7,009			

^a Producción de leche observada por lactancia (kg), ^b Producción de leche ajustada a 305 días de lactancia (kg),

^c Largo de lactancia real, ^d Intervalo entre partos, ^e Días abiertos.

[†] La producción de leche observada que se reporta es menor que la producción de leche ajustada a 305 días por tener un largo de lactancia promedio de 288 días.

Las variaciones estacionales que se manifiestan año con año y el número de lactancia representan factores importantes a considerar en el análisis del comportamiento de los hatos productores de leche (Hernández, *et al.*, 2000). Así mismo, la región donde se esté produciendo también influirá sobre la producción de leche; la producción en el trópico, es aproximadamente, una cuarta parte de la lograda en zonas templadas. Entre los factores ambientales de mayor efecto en el comportamiento de la raza Holstein se mencionan la disponibilidad y calidad de los alimentos, el manejo, trastornos fisiológicos, patologías y el clima.

Teller-Bobadilla *et al.* (2002), al comparar vacas Holstein de un sistema especializado vs doble propósito en el sureste de México, reportan valores de $2,823 \pm 53$ L para producción

por lactancia, con un largo de lactancia de 292 ± 7.82 días, con un intervalo entre partos de 468 ± 14 días, para el sistema especializado vs $2,035 \pm 47$ L de leche por lactancia, con un largo de lactancia de 243 ± 9.22 días, y un intervalo entre partos de 456 ± 9.2 días, para el sistema doble propósito, al evaluar la producción de leche ajustada a 280 días encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el sistema especializado vs el doble propósito (2583 L vs 2035 ± 43 L).

Cajarin *et al.* (2000) reportan que la producción de leche por lactancia por vaca, varía de 3,500 a 4,500 kg en 305 días con un período interparto promedio de 13.8 meses. Carvajal-Hernández *et al.* (2002) al evaluar el largo de la lactancia y la producción de leche de vacas Holstein en Yucatán, México, encontraron que el largo de la lactancia fue de 305 ± 6.4 días con una producción de leche de $2,918 \pm 676$ kg, y una producción de leche ajustada a 305 días de $2,635 \pm 51.9$ kg.

Trabajos realizados en el trópico mexicano (Becerril *et al.*, 1980, Cabello y Ruiz, 1980; Román *et al.*, 1993), reportan valores de producción de leche ($2,980$ L; $3,212 \pm 717$ L; 5456 ± 374 L, respectivamente); Becerril *et al.* (1980) y Román *et al.* (1993) reportan largos de lactancia de 296 ± 8 d y 310 ± 5.5 d, respectivamente.

1.5.1. Forma de la curva de lactancia

La producción de leche total puede ser muy similar para un gran número de vacas, pero la forma de la curva de lactancia puede ser diferente. Cuando no se considera la forma de la curva de lactancia se puede cometer un error al estimar la producción de leche total de una vaca (Grossman *et al.*, 1986).

La forma de la curva de lactancia está asociada a muchos factores mencionándose entre éstos, los factores de tipo ambiental y genéticos, lo que puede generar curvas de lactancias atípicas. Se considera una curva atípica, cuando ésta genera valores de los parámetros a , b y c negativos. Cuando se estima un valor negativo del parámetro a , se considera que el promedio de producción es bajo o menos de cero. Cuando se estima un valor negativo de b , con un valor positivo de c define una forma de la pendiente de la curva de lactancia. Esto implica que el pico de lactancia precede al parto con una pendiente de la curva de lactancia (Shanks *et al.*, 1981). Cuando los parámetros b y c de la curva son negativos, la curva de lactancia adquiere una forma cóncava. Al respecto, Ferris *et al.* (1985) mencionan que las vacas producen entre 19-22% de curvas atípicas, por lo que hay que considerar la forma de la curva para calcular la producción de leche. Shanks *et al.* (1981) mencionan que las curvas típicas se incrementan con el número de lactancias, disminuyendo las curvas atípicas de las vacas.

1.5.2. Días al pico de producción

Los días al pico de producción (DPP), se han definido como el tiempo que transcurre después de ocurrido el parto y en que la vaca alcanza la máxima producción de leche por día durante su curva de lactancia. Muchos trabajos han tipificado el pico de lactancia de vacas lecheras, estableciendo un rango entre los 40 y 70 días posparto en que se manifiesta este pico de la curva de lactancia; posterior al pico, la producción de leche tiende a declinar (Wood, 1967; Cobby y Le du, 1978; Wood, 1980; Rowlands *et al.*, 1982; Keown *et al.*, 1986; Alí y Sheeffer, 1987; Wilmink, 1987; Genizi *et al.*, 1992; Perochon *et al.*, 1996, Olori *et al.*, 1999).

Rowlands *et al.* (1982), al evaluar vacas Friesian Británicas, encontraron que el pico de producción ocurre en promedio a las 7.5 semanas y entre 1.5 y 2.5 semanas después a los valores reportados por otros trabajos publicados (Cobby y Le du, 1978; Wood, 1980). Así mismo, señalan que el pico de producción es 6 días más tarde en vacas de quinto parto en comparación con el de las vacas de segundo parto, y a su vez las vacas de primer parto alcanzan el pico de producción 3 semanas más tarde en comparación a las vacas de segundo parto, que lo alcanzan a las 6-8 semanas.

En otro trabajo (Olori *et al.*, 1999), han reportado que el pico de producción de vacas Holstein Friesian se alcanzó en promedio a las 7 semanas, oscilando éste en un rango de las 6-9 semanas posterior al parto. Genizi *et al.* (1992) al estudiar lactancias de vacas Friesian Israeli, encontraron que el pico de producción ocurría entre las 5-12 semanas (7.6 semanas en promedio), donde el 50% de las vacas sumaban entre las 7-9 semanas.

Keown *et al.* (1986) al determinar las curvas de lactancias de vacas Holstein, determinaron que el pico de producción de éstas se presentaba entre las 4 a las 8 semanas después del parto, y es seguido por una decreciente disminución en la producción de leche hasta que la vaca se seca y da por terminada su lactancia.

Grossman y Koop (1988) reportaron que los días al pico de producción fue mayor (153 vs 180 días) en las vacas Holstein que en las vacas Mease-Rhine-Yssel al ser estimadas en la segunda fase de la ecuación difásica.

Otros autores, han evaluado la producción de leche en animales cruzados o razas para carne, reportando que los días en que éstas alcanzan el pico de producción de la curva de lactancia, está en un rango de 3 a 7 semanas posteriores al parto y ésta disminuye a medida que se incrementan el número de semanas posteriores al parto.

Jenkins y Ferrell (1984) señalan que en vacas cruzadas el pico de lactancia fue alcanzado entre los 49-64 días, coincidiendo con lo reportado por Gaskins y Anderson (1980), quienes además, reportan que el tiempo al pico de producción fue aproximadamente, de 20 a 28 días para cruza de Hereford y vacas cruzadas, respectivamente.

Varona *et al.* (1998) señalan, que las curvas de lactancias de vacas criollas Carora y cruza de Holstein x Brahman presentaron un pico de producción 48 y 29 días posparto en las vacas que parieron en la época seca y lluviosa, respectivamente; además, mencionan que las vacas de mayor edad presentan un pico de producción más grande que las curvas de lactancia de vacas jóvenes y además, las vacas mayores producen más leche que las jóvenes.

1.5.3. Pico de producción

El pico de producción (PP) se ha definido como la producción de leche máxima alcanzada en la curva de lactancia posterior al parto. La producción al pico de una vaca se puede ver influido por factores de tipo ambiental y genético del animal.

Genizi *et al.* (1992), al estudiar lactancias de vacas Friesian Israelí, encontraron que la producción obtenida a las 8 semanas fue diferente y se identificaron tres picos de

producción (29.9 ± 4.16 ; 38.3 ± 4.16 ; 34.09 ± 4.16 kg), encontrando que a partir de la semana 9, la producción al pico disminuyó.

Olori *et al.* (1999) reportaron, que la producción al pico de vacas Holstein fue de 32.3 kg a las siete semanas declinando ésta hasta las 44 semanas (22 kg), que culminaron su lactancia, el rango en que osciló el pico de producción fue de 31.1 a 32 kg (6 y 9 semanas, respectivamente).

Grossman y Koop (1988) reportaron que la producción al pico fue mayor en las vacas Holstein que en las vacas Mease-Rhine-Yssel (17 vs 14.2 kg, respectivamente) al ser estimadas en la segunda fase de la ecuación difásica. García y Holmes (2001) señalan que las curvas de lactancias de las vacas que iniciaron lactancias en otoño difieren significativamente en el pico de producción, y en la producción total de leche comparada con las que iniciaron lactancias en primavera, este efecto fue particularmente dado por el largo de la lactancia.

1.5.4. Persistencia

La persistencia se ha definido como la tasa de disminución de producción de leche después del pico de producción (*c*). Si se considera que la disminución en la producción de leche hacia el final de la lactancia puede ser lineal, la persistencia puede calcularse como el porcentaje de producción de leche al pico de producción, mantenida al final de la lactancia.

Se menciona (Wood, 1967) que una de las características de la curva de lactancia que reviste bastante interés, es el valor de la persistencia, el cual se describe como la habilidad

que posee la vaca de poder mantener la producción de leche posterior al pico de la lactancia. En algunos trabajos se ha señalado (Dekkers *et al.*, 1998; Grossman *et al.*, 1999), que la persistencia es una característica económica importante en el ganado lechero, por su importancia en la fertilidad, sanidad y costos de alimentación, y a su vez también influye sobre la producción total de leche producida. El conocer muy bien la persistencia de la curva de lactancia permite planificar de mejor manera, el uso del alimento y evitar producir estrés en los animales en las etapas de mayor producción y demanda energética.

Dekkers *et al.* (1998) encontraron que la persistencia afectó los costos de alimentación, sólo cuando las lactancias fueron mayores a los 305 días, por su gran influencia sobre el retorno de leche por lactancia; además, de incidir para la toma de decisiones al momento de la inseminación artificial. También, reportaron que el valor económico de persistencia fue casi el triple cuando el promedio del intervalo entre partos fue de 13 meses.

Keown *et al.* (1986) señalan que las vacas de primera lactancia son más persistentes que en lactancias posteriores, estos resultados coinciden con los reportados por otros autores (Wood, 1967; Dekkers *et al.*, 1998).

1.5.5. Parámetros de la curva de lactancia

La ecuación más utilizada para predecir curvas de lactancias típicas en bovinos lecheros es la función gamma incompleta propuesta por Wood (Wood, 1967), esta ecuación $Y_t = at^be^{-ct}$, representa el promedio de producción de leche diaria (kg) y define que Y_t es la producción de leche en el tiempo t y a , b y c son los parámetros que determinan la forma de la curva de lactancia, y con los cuales se puede calcular el pico de producción $(a(b/c)^be^{-b})$, el día en el

cual se alcanza el pico de producción de leche (b/c) y la persistencia ($c^{-(b+1)}$). Estos parámetros están asociados con diferentes aspectos de la producción de leche, así el parámetro a está asociado con la producción inicial de leche, el parámetro b con la tasa de incremento y c con la tasa de caída.

Shanks *et al.* (1981) señalan que los parámetros de la curva de lactancia calculados con la función gamma incompleta, tuvieron un comportamiento similar en las segundas y posteriores lactancias, en cambio, para las primeras lactancias los parámetros cambiaron presentando un bajo valor de a , un bajo pico de producción y un bajo valor de c , pero una alta persistencia. A su vez, alcanzaron el pico de producción en un mayor tiempo que en las lactancias posteriores.

Muchos trabajos han señalado los efectos de la edad, época de parto, fertilidad, número de parto sobre los parámetros de la curva de lactancia. Rowlands *et al.* (1982) señalan que al comparar cuatro modelos de estimación de curvas de lactancia, el parámetro a de la curva de lactancia se incrementa de la primera a la cuarta lactancia, mientras que los parámetros b y c disminuyen durante la primera lactancia, aunque ésta muestra una mayor persistencia, cuando se calcularon por la ecuación gamma incompleta de Wood.

Vaccaro *et al.* (1999) encontraron un efecto significativo ($P < 0.01$) de la época de parto sobre los tres parámetros de la curva, y del número de parto ($P < 0.06$) sobre el parámetro c de la curva. Este comportamiento fue similar al reportado por Rowlands *et al.* (1982).

1.6. Factores que afectan la producción de leche y la forma de la curva de lactancia

Existen numerosos estudios que evidencian la influencia de varios factores sobre la producción de leche y la forma de la curva de lactancia en bovinos lecheros entre los que se pueden mencionar los de tipo fisiológicos (número de parto, edad del animal, estado de preñez, etc.), ambientales (año de parto y estación de parto), manejo (rebaño, edad al parto, largo de lactancia, técnicas de medición, frecuencias de medición), propios del animal (genotipo o raza), y la sanidad del animal.

1.6.1. Factores fisiológicos

1.6.1.1. Edad del Animal

Los niveles de producción de leche se ven afectados a medida que el animal alcanza el máximo desarrollo en la capacidad ruminal y el desarrollo de la glándula mamaria. De este modo, la producción de leche aumenta conforme avanza la edad, pero en una proporción cada vez menor hasta que se obtiene un rendimiento máximo a los siete u ocho años de edad; el aumento después del quinto año de vida es relativamente poco importante. Foley (1972) señala que a los cinco años se alcanza entre un 97 y 100% de la capacidad de producción de leche.

Por otro lado, Kress *et al.* (1996) y Hohenboken *et al.* (1992) mencionan que la edad de la vaca afecta la producción de leche ($P>0.05$) de vacas Taranteise, Hereford y sus cruza; indicando que las vacas de mayor edad produjeron más leche que las jóvenes. Sin embargo, Grossman *et al.* (1986) publicaron que la edad de las vacas no afectó la forma de la curva de lactancia, ni la producción de leche, ni el día de máxima producción, diferencias que pueden deberse a la confusión entre edad al parto con número de lactancia.

1.6.1.2. Número de parto

En muchas agroempresas se ha encontrado una alta correlación entre la edad de las vacas y el número de parto. En algunos trabajos revisados, se indica que la producción de leche se incrementa de forma lineal hasta el quinto o sexto parto, momento en el cual alcanza su máxima producción, para luego decrecer (Berruelos *et al.*, 1972; Robles, 1972). Se ha observado que los animales jóvenes (24-26 meses) producen aproximadamente, el 75% de la producción de una vaca adulta, y entre los cuatro y cinco años produce aproximadamente, el 92 y 98%, respectivamente (McDowell *et al.*, 1975). Similarmente, Foley (1972) mencionó que una vaca adulta produce un 25% más de leche que una vaquilla de dos años. El mayor peso corporal explica el 5% de esta diferencia, mientras que el 20% restante es resultado del mayor desarrollo de la glándula mamaria.

Ortíz (1989) en un estudio en la cuenca de Tizayuca, Hidalgo encontró marcadas diferencias en la producción de leche entre vacas de primero, segundo y de más de dos partos, encontrándose a las vacas de quinto parto como las más productivas y las de primer parto como las menos productivas.

Schneeberger (1981), Grossman y Koops (1988), Tekerli *et al.* (2000) y Vargas *et al.* (2000) observaron que el número de lactancia o parto afecta ($P > 0.05$) la forma de la curva de lactancia de vacas Pardo Suizo, vacas Friesian y Mease-Rhine-Yssel, vacas Holstein de Turquía y vacas lecheras en Costa Rica, respectivamente. Ellos reportaron que al incrementarse el número de lactancias, el porcentaje de curvas atípicas disminuye, las tasas de aumento y descenso de producción de leche (parámetros b y c) son más rápidas y, por consiguiente, la persistencia disminuye. También, mencionan que el día de máxima

producción de leche disminuye y la producción al pico y la producción de leche total se incrementan al aumentar el número de lactancias.

Schneeberger (1981) reporta que el día de máxima producción de leche de vacas Pardo Suizo puede disminuir de 47.8 días a 43.7 días, al incrementarse el número de lactancias. Tekerli *et al.* (2000) al estimar la curva de lactancia de vacas Holstein en Turquía, obtuvieron menor producción de leche en el punto de máxima producción y durante toda la lactancia, pero con una mayor persistencia en la primera lactancia. Grossman y Koops (1988) documentaron que la producción inicial y la producción de leche al pico de la lactancia aumentan linealmente a razón de 4.4 y 573.1 kg, respectivamente, en la primera fase de la ecuación difásica y 0.8 en el pico de producción en la segunda fase. Por su parte, Friggens *et al.* (1999) reportaron que los parámetros a y c fueron afectados por el número de parto de vacas lecheras, pero no el parámetro b .

1.6.1.3. Estado de gestación

Strandberg y Lundberg (1991) reportaron que la preñez afecta la producción de leche después del día 160, disminuyendo 0.1 kg día⁻¹. Por otro lado, mencionan que existió una diferencia de 5 kg entre la estación de máxima producción y la de menor producción.

1.6.2. Factores ambientales

1.6.2.1. Época de parto

Muchos trabajos han reportado que la estación y el año de parto de las vacas afectan significativamente la producción de leche y la forma de la curva de lactancia (Scheneberger, 1981; Ferris *et al.*, 1985; Grossman *et al.*, 1986; Grossman y Koops, 1988;

Strandberg y Lundberg, 1991; Kress *et al.*, 1996; Tekerli *et al.*, 2000; García y Holmes, 2001).

Schneeberger (1981) y Tekerli *et al.* (2000), al estimar la producción de leche de vacas Pardo Suizo y vacas Holstein de Turquía, respectivamente, reportaron que las vacas que parieron durante el invierno produjeron más leche al inicio de la lactancia, un elevado pico de producción de leche y una rápida tasa de disminución después del pico de producción que las vacas que parieron en verano, por consiguiente, la persistencia en invierno fue menor que en verano, debido probablemente a diferencias en la alimentación. Ferris *et al.* (1985) reportaron que las vacas paridas en enero-febrero obtuvieron la mayor producción de leche, menor producción inicial, la tasa de incremento más rápida y el pico de producción más alto, seguidas por las vacas que parieron en marzo-abril, mientras que las vacas que parieron en julio-agosto tuvieron la producción más baja. Strandberg y Lundberg (1991) publicaron que las vacas paridas en abril-junio presentaron su pico de producción de leche más temprano. García y Holmes (2001) reportaron que en primavera las curvas fueron típicas, mientras que las curvas de lactancias obtenidas en otoño fueron diferentes, con bajas producciones en la etapa de máxima producción, pero altas producciones a la mitad y final de la lactancia. Algunos trabajos reportaron que la estación de apareamiento no afecta la forma de la curva de lactancia (Papajcsik y Boderó, 1988).

1.6.2.1. Región geográfica

Se ha mencionado que la producción de leche varía de acuerdo con las diferentes regiones y esta variación está asociada al clima de cada región. Los principales componentes climáticos que afectan la producción de leche son: temperatura, humedad y altitud. Así mismo, cada

región tiene variaciones ambientales que influyen en la producción de alimentos para el ganado y que recae en la producción de leche (Castillo, 1976).

Macciota *et al.* (1999) mencionan que en ovejas lecheras Sarda se encontraron diferencias al comparar la producción de leche a tres niveles de altitud, (montaña, colina y planicies), al comparar las producciones obtenidas en colinas y comparar con las planicies la variabilidad es manifiesta en los primeros 20 días de la lactancia y tiende a ir disminuyendo al final de la lactancia cuando se comparan estas producciones con la obtenidas en montañas, y la variabilidad se prolonga hasta los 90 días posparto.

Se ha mencionado que las diferencias regionales pueden modificar la curva de lactancia. Mainland (1985) menciona que se encontraron diferencias regionales en vacas Friesian de Escocia. Schneerberger (1981) reportó que vacas Pardo Suizo producen más leche cuando se encuentran en valle, que cuando están en la montaña (4202 vs 3726 kg); además, el pico de producción se presentó antes (41.5 vs 45.2 días).

1.6.3. Genotipo o raza de la vaca

La producción total de leche es diferente entre las razas lecheras, lo que hace suponer que existen diferencias entre los diferentes genotipos o razas, algunos autores han mencionado que se presentan diferencias entre las producciones alcanzadas al comparar diferentes razas y sus cruza, así como diferencias en la forma de la curva de lactancia (Wilcox *et al.*, 1957; Mainland, 1985; Grossman y Koops, 1988; Strandberg y Lundberg, 1991; Vargas *et al.*, 2000). Sin embargo, hay trabajos que hacen referencia de que el genotipo de la vaca no

influye en la producción de leche (Kress *et al.*, 1996) ni en la forma de la curva (Grossman *et al.*, 1986).

Grossman y Koop (1988) reportaron que la producción de leche inicial, la producción al pico y leche total fue mayor en las vacas Holstein que en las vacas Mease-Rhine-Yssel (11.0 vs 8.3 17 vs 14.2 y 4,288.8 vs 3,718.8 kg, respectivamente) al ser estimadas en la segunda fase de la ecuación difásica. En esta segunda fase, también el día al pico de producción se presentó antes en las vacas Holstein que en las vacas Mease-Rhine- Yssel (153 vs 180).

Cienfuego-Rivas *et al.* (1999) mencionan que existe un efecto importante ($P < 0.001$), en la interacción genotipo medio ambiente sobre la producción de leche al comparar el comportamiento de vacas Holstein de México con vacas Holstein en el nororiente americano.

Kress *et al.* (1996) reportaron que las vacas Tarentaise produjeron en promedio 3 kg más leche que las Hereford, sin existir diferencias significativas ($P > 0.05$). Por otro lado, Grossman *et al.* (1986) reportaron que el genotipo de la vaca tampoco fue significativo ($P > 0.05$) para el valor de los parámetros a , b , c , u y v de la ecuación difásica, por lo que la forma general de la curva de la lactancia de vacas Guernsey, Holstein y sus cruzas no fue diferente. También mencionan que la raza del semental no fue significativa en el valor de los parámetros b , c , u y v , pero si lo fue para el parámetro a , afectando solamente la producción inicial. En general, la forma de la curva de la lactancia de la vaca no fue afectada. Además, mencionan que se estimó un efecto significativo de la interacción de la

raza del semental y la raza de la vaca, indicando con esto que existe un efecto genético aditivo.

1.6.4. Manejo

Se ha demostrado que el manejo de los animales influye significativamente en la producción de leche de los mismos. Los factores de manejo que se discutirán en la presente sección son el largo de la lactancia, la alimentación, la ecuación utilizada para ajustar la curva de lactancia, la frecuencia de medición de producción de leche y las técnicas de medición de producción de leche.

1.6.4.1. Largo de lactancia

La mayoría de los trabajos realizados con ganado lechero considera un largo de lactancia promedio de 305 días, con un rango de 210 a 510 días. Muchos trabajos han demostrado que el largo de la lactancia afecta significativamente ($P>0.05$) la producción de leche, forma de la curva de lactancia y la capacidad de ajuste de las ecuaciones usadas para estimar las curvas de lactancias (Grossman y Koops, 1988; Grossman *et al.*, 1999; Vargas *et al.*, 2000; García y Holmes, 2001).

García y Holmes (2001) reportaron que al incrementarse el largo de la lactancia de vacas lecheras la producción de leche se incrementa. Por su lado, Grossman y Koops (1988) al estimar la producción de leche inicial, el pico de producción, la producción total de leche y la duración de la fase con la ecuación difásica, reportaron que en la primera fase, estas características disminuyeron conforme aumentó el largo de la lactancia y se incrementaron linealmente en la segunda fase (7.3, 2.6, 1176 kg, respectivamente), pero en esta misma

fase, el día de máxima producción de leche disminuyó al incrementarse el largo de la lactancia.

Dekkers *et al.* (1988), encontraron que la persistencia afectó los costos de alimentación, sólo cuando el largo de la lactancia fue mayor a 205 días, por su gran influencia sobre el retorno de leche por lactancia. Además, tuvo un impacto sobre las decisiones para una inseminación óptima. También, reportaron que el valor económico de la persistencia se triplicó cuando el promedio del intervalo entre partos llega a los 13 meses.

Vargas *et al.* (2000) al estimar la curva de lactancia de vacas lecheras con nueve ecuaciones reportaron que con lactancias largas (101-200 y 201-305 días), las ecuaciones de Grossman y Koops (1988) y Grossman *et al.* (1999) estimaron mejor la producción de leche que con las otras ecuaciones, mientras que las ecuaciones propuestas por Wood (1967), Wilmink (1987) y Rook (1993) estimaron mejor la producción de leche con lactancias pequeñas (1 a 200 días). Estos autores concluyeron que el reducir el largo de la lactancia, las autocorrelaciones positivas se reducen considerablemente, por lo que la jerarquización de las ecuaciones puede cambiar.

1.6.4.2. Alimentación

Al inicio de la lactancia, el consumo de alimento normalmente limita el aumento en producción de leche, resultando en un déficit de energía que puede provocar problemas de salud y fertilidad (Grossman *et al.*, 1999). Al respecto, De Vries *et al.* (1999) encontraron que las vacas de primer parto en lactancias tempranas presentaban un déficit de energía, el cual fue más pequeño que en vacas de segundas y terceras lactancias. Los máximos requerimientos se presentaron a las 6, 5, y 7 semanas, respectivamente.

Wood (1977) reportó que cuando la alimentación no varía la forma de la curva se ajusta mejor a la forma típica. Las desviaciones de la curva de lactancia esperada se pueden atribuir a los cambios en disponibilidad y movilización de energía y en los puntos donde ocurre. Por otro lado, Wood (1972) encontró que en animales en confinamiento con poca variabilidad en la dieta, los parámetros de la curva no eran afectados, por las estaciones del año.

Adams *et al.* (1995), al utilizar cuatro dietas (45% de silo de maíz, 33.75% de silo de maíz más 11.25% de heno de alfalfa, o 11.25% de heno de Bermudagrass, o 11.25% de semilla de algodón descascarada), detectaron que al adicionar semilla de algodón entera, ésta deprimió la producción de leche en 1 kg/día, en cambio las dietas con semilla de algodón descascarada produjeron 2.4 kg/día más que las restantes dietas.

Rodríguez (1993), al adicionar levaduras (*Sccharomyces cerevisiae*) a la dieta de vacas Holstein, incremento la producción de leche durante el primer tercio (80 días) de la lactancia, observando una máxima respuesta al cultivo de levaduras en el pico de la lactancia, cuando se proporcionan dietas con niveles de concentrado de 40%. Hayes *et al.* (1996) encontraron diferencias ($P=0.0001$) al adicionar Monensina en vacas en pastoreo al producir éstas, 1.38 litros de leche más por día, sugiriendo que el incremento en la producción de leche es una consecuencia de mejorar la función energética del rumen.

Phipps *et al.* (2000) señalan que al examinar el efecto de la Monensina en el consumo de alimento en vacas Holstein Friesian y su repuesta sobre la producción de leche, encontraron

que cuando se suplemento vacas con dosis de 150, 300 y 450 mg/día, se produce una leve baja en el consumo y una respuesta de 2.8, 2.5 y 1.5 kg/leche/día, concluyendo que con dosis no muy altas se puede obtener una respuesta en la eficiencia en producción de leche del 5%.

1.6.4.3. Condición corporal

Grainger *et al.* (1982) reportan que las vacas con condición corporal pobre, dirigieron una mayor proporción de energía del alimento hacia peso vivo a expensas de la producción de leche. Sin embargo, incrementar el plano nutricional en la primera etapa de lactancia provoca niveles altos de producción de leche y reduce la necesidad de que las vacas remuevan sus reservas corporales.

Reyes (1992) reporta que todas las vacas pierden peso corporal en la primera parte de la lactancia como resultado de la alta demanda de nutrimentos para la síntesis de leche. La producción de leche de las vacas que consumieron 100% de energía fue superior ($P<0.05$) en 1.23 para vacas de 60% y en 2.3 kg/día para las de 140% de energía, esto se explica porque las vacas con un consumo de 100% tuvieron una mayor disponibilidad de nutrimentos para la síntesis de leche, las vacas con 140% de energía tuvieron una mayor movilización de reservas corporales y para las vacas con 60% de energía su prioridad fue restituir su balance de energía.

1.6.4.4. Primer servicio posparto

Por otra parte, Schneeberger (1981) mencionó que el efecto del periodo de servicio fue importante. Las vacas que concibieron poco tiempo después del parto presentaron una tasa

de disminución más rápida y una persistencia menor que las vacas con un periodo de servicio largo, causado por la presencia de hormonas (estrógenos y progesterona) o por el incremento de los requerimientos nutricionales del feto. Cabello y Ruiz (1980) reportaron haber obtenido un valor de $\pm 82.0 \pm 0.13$ días al primer servicio después del parto, al evaluar las características productivas de ganado Holstein Friesian en México.

En otro trabajo, Ramírez y Segura (1992) encontraron que el valor para el intervalo parto primer servicio fue de 83.0 ± 35.8 días y que su interacción con la época influyó significativamente ($P < 0.05$). Este valor para intervalo parto primer servicio es muy similar al valor de 81 días para ganado Holstein en clima tropical húmedo en el norte y centro del Bajío, encontrado por Morales *et al.* (1981).

1.6.4.5. Días abiertos

Los días abiertos también afectan la curva de lactancia (Ali, 2000), el efecto decrece conforme avanza la lactancia. Sin embargo, Grossman *et al.* (1986) encontraron que los días abiertos no afectan la curva de lactancia de vacas Holstein, Guernsey y sus cruza. Hohenboken *et al.* (1992) al estimar la producción de leche de vacas Angus y Angus*Holstein, reportaron que la aplicación de hormonas (tiroxina) afectó significativamente ($P < 0.01$) la producción de leche, y adelantó el día de máxima producción.

Eicker *et al.* (1996), al estudiar la relación entre los días abiertos y la producción de leche acumulada, encontraron que los días abiertos se incrementa de forma lineal a medida que avanza la lactancia a partir del día 60 de ésta, también señalan, que los días abiertos se

incrementan con el número de partos de tal forma que las vacas de primer parto presentan menores días abiertos que las vacas de 3 o más partos.

Cabello y Ruiz (1980) reportan haber encontrado en agroempresas lecheras en México, valores de 134 ± 24 días con tres picos modales a los 115, 135 y 146 días e intervalos entre partos de 13.52 ± 0.10 meses con tres picos modales a los 13.04, 13.44 y 13.77 meses.

1.6.4.6. Ecuación para predecir la curva de lactancia y frecuencia de medición de leche

Al tratar de comparar las ecuaciones para predecir la curva de lactancia de los bovinos lecheros, ésta se ha realizado para intervalos determinados de medición bien sean éstos semanales, quincenales, mensuales o bien con intervalos irregulares para predecir la producción de leche diaria durante una lactancia, aunque se conoce poca información sobre las ventajas comparativas de las frecuencias de medición en las diferentes ecuaciones disponibles para predecir la curva de lactancia.

Grossman y Koops (1988) reportaron que al utilizar la ecuación de Wood y la ecuación difásica, éstas presentaron diferencias al estimar la producción inicial (0 vs 23.8 kg, respectivamente), la producción al pico estimado con la ecuación de Wood fue de 25.7 kg y se obtuvo en 30.7 d. En cambio, la ecuación difásica estimó dos picos de producción: 14.1 kg durante la primera fase y 16.6 kg durante la segunda fase con un tiempos al pico de producción de 11.8 y 156.2 d, respectivamente). Weigel *et al.* (1992) mencionan que la ecuación difásica de Grossman y Koops (1988) estima mejor la producción de leche cuando se aplica la hormona bST a los 100 d posparto, debido a que la aplicación de la misma puede producir otro pico de producción.

En ganado lechero, los modelos para determinar la curva de lactancia ha sido ampliamente estudiados (Friggens *et al.*, 1999; Olori *et al.*, 1999; Vargas *et al.*, 2000), siendo la ecuación más utilizada la función gamma incompleta de Wood (Wood, 1967).

Ramírez *et al.* (1998) comparando ocho ecuaciones para estimar las curvas de lactancias de bovinos Angus, Pardo Suizo y sus cruza, concluyeron que las ecuaciones de Wood, Sikka, Nelder, Gaskins y Anderson proporcionaron las mejores estimaciones de la curva de lactancia, cuando la frecuencia de medición fue de siete días. Meráz (2001), al comparar cuatro ecuaciones con diferentes frecuencia de medición, determinó que las ecuaciones de Sikka y Wood (gamma incompleta) proporcionaron las mejores predicciones de curvas de lactancias en vacas Angus, Suizo y sus cruza, bajo las frecuencias de 26, 13, 7, y 4 mediciones.

1.6.5. Sanidad del animal

La sanidad del animal es un aspecto muy importante sobre la producción de leche, de tal medida, que ésta puede llegar a afectar de forma muy significativa la curva de lactancia. En este sentido, Eicker *et al.* (1996) señalan que algunos desordenes reproductivos como metritis, mastitis y quistes ováricos influyen sobre la tasa de inseminación (13, 29 y 61%, respectivamente) y ésta a su vez, sobre los días abiertos, lo cual disminuye la eficiencia reproductiva de los animales. Green *et al.* (2002) señalan que la laminitis tiene un impacto importante sobre la producción de leche debido a que reduce el largo de la lactancia y la producción de leche por lactancia en, aproximadamente 360 kg.

1.7. LITERATURA CITADA

- Adams, A. L., B. J. R. Harris, H. H. Van Horn, and C. J. Wilcox. 1995. Effect of varying forage types on milk production responses to whole cottonseed, tallow, and yeast. *Journal of Dairy Science*. 78:573-581.
- Aldana, C. 1990. Productividad y rentabilidad en sistemas de producción de leche en Colombia. *Coyuntura Agropecuaria Bogotá, Colombia*. 7(2).
- Ali, T.E., and L. R. Schaeffer. 1987. Accounting for covariance among test day milk yields in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 1987. 67:637-644.
- Ali A., K. A. 2000. Effect of day open on the lactation curve of Holstein Saudi Arabia. *Asian Australian Journal of Animal Science*. 13:277-286.
- ASERCA. 1996. La situación del sector lechero en nuestro país. *Claridades Agropecuarias*. No. 33.
- Antúnez C., J. M. 1994. Análisis técnico financiero de los sistemas de producción de leche bovina (familiar y colectivo ejidal) en la comunidad la Loma, Mpio. De Lerdo, Dgo. (Tesis Profesional), Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 167 pp.
- Avendaño, R. L. y I. Mondragón V. 1990. Índice de herencia para producción de leche en hatos Holstein de México. *In: Memorias del Segundo Congreso Internacional sobre Ganado Lechero Edo. de Hidalgo*. 154 pp.
- Becerril P., C. M., H. P. Román, H. R. Castillo. 1980. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruza con Cebú F1 en clima tropical. *Técnica Pecuaria México* 16-24.
- Berruecos, J. M., C. Wilsey, y M. A. Hidalgo. 1972. Pérdidas económicas por problemas reproductivos: I Efecto del número de lactaciones y del periodo seco. *Técnica Pecuaria México*. 20:70.
- Cabello, E. F., R. D. Ruiz. 1980. Características de productividad de ganado Holstein Friesian en control de producción láctea. *Técnica Pecuaria México*. 38-43.
- Carvajal-Hernández, M., E. R. Valencia-Herrera, J. C. Segura-Corea. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 13:25-31.
- Castañeda L., G. 1984. Caracterización de la ganadería lechera en una comunidad del municipio de Texcoco, México. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 103 pp.

- Castillo D., J. L. 1976. Estudio de algunos factores fisiológicos y ambientales que influyen en la producción de leche en un establo del Valle de México. (Tesis Profesional). Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de México. México. 60 pp.
- Cervantes E., F., H. Cortes S. 2000. Tipología de Ganaderos en la lechería familiar en los Altos de Jalisco. Proyecto 28885-D. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. México. México.
- Cervantes E., F., C. H. Santoyo, M. A. Álvarez. 2001. Lechería Familiar, factores de éxito para el negocio. UACH/CIESTAAM-PIAI/CONACYT, 1ra. Ed. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Cienfuegos-Rivas, E. G. P. A. Oltenacu, R. W. Blake, S. J. Schwager, H. Castillo-Juarez, and F. J. Ruíz. 1999. Interaction between milk yield of Holstein cows in México and the United States. *Journal of Dairy Science*. 82:2218-2223.
- Chombo, P. 1997. El reto que sobre la calidad enfrentan los productores de leche en Jalisco y Michoacán, como consecuencia de la apertura comercial. *In: Segundo Seminario sobre Sistemas Nacionales Lecheros de México, Estados Unidos y Canadá y sus interrelaciones*.
- Coby, J. M., and Y. L. P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*. 26:127-133.
- Dekkers J., C. M., J. H. Ten Hag, and A. Weersink. 1988. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*. 53:237-252.
- Doménech M., J. M., y Portell, M. V. 1993. Análisis de datos con el sistema SPSS. Ed. Signo, Barcelona, España. 363 PP.
- Eicker, S. W., Y. T. Gröhn, and J. A. Herth. 1996. The association between cumulative milk yield, day open, and days to first breeding in New York Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 79:235-241.
- Estrella Q., H. 1996. Programa de computo para el manejo de explotaciones de bovino lechero. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. México. 91 pp.
- Ferris, T. A., I. L. Mao, and C. R. Anderson. 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 68:1438-1448.
- Fuente H., J. de la, 1993. Producción y comercialización de lácteos: Comportamiento y tendencias del sistema a nivel mundial. Chapingo, Edo. México. 1-5 pp.
- FIRA. 1997. Oportunidades de desarrollo de la lechería en México. Boletín informativo 29:294.

- FIRA. 2001 Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. Boletín informativo. 33(317):92-131.
- Foley, R. C. 1972. Dairy Cattle: Principles, practices, problems, profits. Lea & Febiger. Philadelphia, USA. 693 pp.
- Friggens, N. C., G. C. Emmans, R. F. Veerkamp. 1999. On the use of simple ratios between lactation curve coefficients to describe parity effects on milk production. Livestock Production Science. 62:1-13.
- García, S. C., and C. W. Holmes. 2001. Lactation curves of autumn-and spring-calved cows in a pasture-based dairy system. Livestock Production Science. 68:189-203.
- Gaskins, CH. T., and D. C. Anderson. 1980. Comparison of lactation curves in Angus-Hereford, Jersey-Angus and Simmental-Angus cows. Journal of Dairy Science. 50(5):828-832.
- Genizi, A., H. Schindler, S. Amir, S. Eger, M. Zarchi, and H. Foote. 1992. A simulation study of the effects of the calving interval on milk yields of dairy cows in fixed time periods. Animal Production. 55:309-314.
- González, M. C., M. Román. 2000. Nivel de capitalización y tipología de productores familiares. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBACYT). Buenos Aires, Argentina. 19 pp.
- Grossman, M., A. L. Kuck, H. W. Norton. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. Journal of Dairy Science. 69:195-203.
- Grossman, M., and W. J. Koop 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 71:1598-1608.
- Grainger, C., G. D. Whilhelms, and A. A. McGown. 1982. Effect of body condition at calving and level of feeding in early lactation on milk production of dairy cows. Australian Journal Experimental Agricultural Animal Husbandry. 22:9-17.
- Green, L. E., V. J. Hedges, Y. H. Schukken, R. W. Blowey, and A. J. Packington. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science. 85:2250-2256.
- Gutiérrez H., S. 1994. Efectos ambientales sobre los coeficientes de la ecuación de Wood y los componentes de la curva de producción de leche en vacas Holstein. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo de México. 92 pp.
- Hayes D., P., D. U. Pfeifler and N. B. Willianson. 1996. Effect of intraruminal monensin capsules on reproductive performance and milk production of dairy cows fed pasture. Journal of Dairy Science. 79:1000-1008.

- Hernández T., A. 1996. Innovación tecnológica en la producción de leche como una alternativa hacia la seguridad alimentaria: El caso de Los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. México. México. 138 pp.
- Hernández, A., J. J. Goyeneche, L. Nalberte. 2002. Tipificación de explotaciones agropecuarias incluidas en el censo general agropecuario 2000. OPYPA-Anuario 2002. DIEA-MGAP. Uruguay.
- Herrera D., J. L., M. B. Morales, H. J. B. Herrera. 1997. Rentabilidad de la ganadería bovina lechera en la región oriental del Estado de México. XXVI Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Chapingo, México. 21-24 de Mayo.
- Herrera, D. 1998. Metodología para la elaboración de tipología de actores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- Hohenboken, W. D., A. Dudley, and D. E. Moody. 1992. A comparison among equations to characterize lactation curves in beef cows. *Animal Production*. 55:23-28.
- Jenkins, T. G., and G. L. Ferrell. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows. *Animal Production*. 39:479-482.
- Julian G., J. J. 1978. Estimación de parámetros genéticos y ambientales en un hato de la cuenca lechera de Querétaro. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo de México. México. 40 pp.
- Keown, J. F., R. W. Everett, N. B. Empet, L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. *Journal of Dairy Science*. 69:769-781.
- Kress, D. D., E. Doornbos, D. C. Anderson and K. C. Davis. 1996. Genetic components for milk production of Tarentaise, Hereford and Tarentaise x Hereford cows *Journal of Animal Science*. 74:2344-2348.
- Lara B., A 1989. Evaluación genética de producción de leche por día interparto en vacas Holstein en México. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México. 75 pp.
- Lara-Covarrubias, D., J. S. Mora-Flores, M. A. Martínez-Damián, G. García-Delgado, J. M. Omaña-Silvestre, J. Gallegos-Sánchez. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*. 37:85-94.
- Macciotta, N. P. P., A. Cappio-Borlino, and G. Pulina. 1999. Analysis of Environmental effects on test day milk Yield or Sarda dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 82:2212-2217.

- Mainland, D. D. 1985. A note on lactation curves of dairy cows in Scotland. *Animal Production*. 41:413.
- McDowell, R. E. J. K. Camoens, D. G. St. Louis, E. Cabello F. y E. Christensen. 1975. Factors for standardizing lactation records made by Holstein-Friesians in México for age and month of calving AS/CAD. Mimeo. 2-75.
- Meráz A., M. R. 2001. Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferente frecuencia de medición en bovinos Angus, Suizo y sus cruza. (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 60 pp
- Morales T., J., C. J. A. Hinojosa, C. J. A. Aguilar. 1981. Comportamiento reproductivo de un hato Holstein en la Chontalpa, Tabasco. I. Intervalo parto-primer servicio e intervalo parto-concepción. *Revista Veterinaria México*. 12:217-221.
- Muñoz, M. 1995. Retos y oportunidades del sistema leche ante la apertura comercial. Reporte de investigación 23. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. México.
- Muñoz, R. M., J. M. Z. Valle del. 1995. Retos y oportunidades del sistema leche de México ante el TLC. *In: El TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario del Centro-Norte de México*. Coords. Schawntesius Ridemann Rita, Ángel Gómez Cruz, Juan Carlos Ledesma Mares y Clemente Gallegos Vázquez. Gobierno del Estado de Zacatecas/CIESTAAM/CRECEN/Universidad Autónoma de Zacatecas, México. 215-225 pp.
- Odermatt, P., M. J. Santiago. 1997. Ventajas comparativas e incentivo político a la producción de leche en México, *Comercio Exterior*, México. 47(12):955-961.
- Olori, V. E., S. Brotherstone, W. G. Hill, and B. J. McGuirk. 1999. Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science*. 58:55-53.
- Ortiz O., J. R. 1989. Fuentes de variación ambiental que afectan la producción de leche y el intervalo entre partos en vacas Holstein. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México.
- Papajcsik, I. A., and J. Boderó. 1988. Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *Animal Production*. 47:201-207.
- Peña, A. C. 2000. Tipología de productores y sistemas de producción: Elementos para una estrategia de desarrollo forestal de pequeños y medianos productores. Universidad de Chile. 37 pp.

- Pérez, J. J., A. Arzallus, D. González, V. Hernández, N. Soto, O. Romero, F. Urdenata. 1999. Tipificación de los sistemas de producción ganaderos de doble propósito ubicados en el cauce medio del río Palmar, estado de Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 16(1):265:272.
- Pérochon, L., J. B. Coulon, and F. Lescourrent. 1996. Modelling lactation curves of dairy cows with emphasis on individual variability. *Animal Science*. 63:189-200.
- Pezo, D., F. Romero y M. Ibrahim. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *In*: S. Fernández Baca (ed). *Avances de producción de leche y carne en el trópico Americano*. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 47-98 pp.
- Phipps, R. H., J. I. D. Wilkinson, L. J. Jonker, M. Tarrant, A. K. Jones, and A. Hodge. 2000. Effect of momensin on milk production of Holstein Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 83:2789-2794.
- Ramírez R., G., J. C. C. Segura. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. *Journal Livestock Research for Rural Development*. 4 (2). 6 pp.
- Ramírez V., R., G. Ramírez V., R. Núñez D. y A. Tewolde M. 1998. Curvas de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza: II. Comparación de ecuaciones. *Agrociencia*. 32:325-330.
- Reyes CH., M. A. 1992. Efecto del nivel de alimentación en le periodo seco y la condición corporal al parto sobre la producción de leche en vacas Holstein. (Tesis Profesional) Universidad Autónoma Chapingo, México. 89 pp.
- Riesco, A. 1992. La ganadería bovina en el trópico americano: situación actual y perspectivas. *In*: S. Fernández Baca (ed). *Avances de producción de leche y carne en el trópico Americano*. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 13-46 pp.
- Rivas, L. 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina tropical: Evolución, perspectivas y oportunidades. *In*: *Symposium Internacional "Alternativas y Estrategias en producción animal"*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México.
- Robles, C. A. 1972. Estimación de la producción láctea a través de diferentes métodos de muestreo. (Tesis Profesional) F.M.V.Z. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodríguez S., O. 1993. Efecto del probiótico (*Saccharomyce cereviasiae*) en la producción de leche de vacas Holstein durante el primer tercio de la lactancia. (Tesis Profesional) Universidad Autónoma Chapingo, México. 51 pp.

- Rodríguez G., G. 1996. "Solo es cuestión de calidad: Leche y globalización en los Altos de las últimas décadas" en Cándido González (Coord.), Los Altos de Jalisco al fin de Siglo, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal. 29 pp.
- Rowlands, G. J., S. Lucey, and A. M. Russell. 1982. Comparison of different models of the lactation curve in dairy cattle. *Animal Production* 35:135-144.
- Ruíz, M. E. 1987. El enfoque de sistemas en la investigación pecuaria. *In*: Simposio Internacional de la XXX Aniversario de la Facultad de Zootecnia y X Aniversario de la División de Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. Marzo 1987. 22 pp. Mimeo.
- Ruiz F., A. 1989. Parámetros genéticos para producción de leche, intervalo entre partos y producción de leche por día interparto en ganado Holstein. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 78 pp.
- SAGAR. 1999. Programa Nacional Pecuario 1999. Dirección General de Ganadería. SAGAR. México. 19 pp. Disponible en URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/nota99.pdf>.
- SAGAR. 2000. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Dirección General de Ganadería. SAGAR. México. 66 pp. Disponible en URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf>.
- Salas B., J. E. B. 1994. Predicción de valores genéticos para producción de leche y análisis del comportamiento reproductivo de un hato Holstein en Ciudad Guzmán, Jalisco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Salinas M., S., B. O. Tornez. 2000. Factores que influyen sobre la productividad en las explotaciones de lechería familiar en la parte norte de Los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México.
- Sánchez, S. C. 1979. Costos de producción y comercialización de la leche en el Municipio de Texcoco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México.
- Sánchez P., M. A. 1985. El sistema socioeconómico de la producción de leche en los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional), Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. México. 149 PP.
- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of Lactation Curve in Swiss Brown Cattle, *Journal of Dairy Science*. 64:475-483.
- Shanks, R. D., P. J. Berger, and A. E. Freeman, F. N. Dickinson. 1981. Genetics aspects of lactation curves. *Journal of Dairy Science*. 64:1852-1860.

- Strandberg, E. and C. Lundberg. 1991. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Animal Production*. 53:399-402.
- Tekerli, M., Z. Akinci, I. Dogan, and A. Akcan. 2000. A. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science*. 83:1381-1386.
- Teller-Bobadilla R., J. G. Magaña, J. Santos, C. Aguilar 2002. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein manejadas en un sistema de lechería especializado y otro de doble propósito en el sureste de México. *Journal of. Livestock Research for Rural Development*. 14(4). Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/4/teye144.htm>. 9 pp.
- Urdenata, F., H. Reichel, G. Suarez, M. E. Peña, M. Materán, A. Casanova. 1999 Eficiencia productiva de arreglos tecnológicos de sistemas de producción de doble propósito en los municipios de Rosario y Machiques de Perijá, estado de Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 16(1):252-258.
- Vaccaro, R., G. D'Enjoy, y C. Sabaté. 1999. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahman. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 40(1):37-44.
- Valencia R., J., H. I. Velasco. 2000. Factores que influyen sobre la productividad en las explotaciones de lechería familiar en la parte sur de los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México.
- Vargas, B., W. J. Koops, M. Herrero, and J. A. M. Van Arendonk. 2000. Modelling extended lactations of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 83:1371-1380.
- Varona, L., C. Moreno, L. A. García, and J. Altarriba. 1998. Bayesian analysis of Wood's lactation curve for Spanish dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 81:1469-1478.
- Vries De, M. J., S. Van Der Beek, L.M.T.E. Kaal-Lansbergen, W. Ouweltjes, and J. B. B. Wilmink. 1999. Modeling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first detected estrus postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82:1927-1934.
- Weigel, K. A., B.A. Craig, T. R. Bidwell, and D. M. Bates. 1992. Comparison of alternative diphasic lactation curve models under bovine somatotropin administration. *Journal of Dairy Science*. 75:580:589.
- Wilmink, J. B. M. 1987. Comparison of different methods of predicting 305 day milk using means calculated from within herd lactations curve. *Livestock Production Science*. 17: 1-17.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature (London)*. 216:164-165.

Wood, P. D. P. 1977. The biometry of lactation. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 88:333-339.

Wood, P. D. P. 1980. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Animal Production*. 31:131-141.

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO DE GANADO HOLSTEIN EN AGROEMPRESAS DE LECHERÍA FAMILIAR CON DIFERENTE NIVEL TECNOLÓGICO[†]

[†] Artículo de Caldera NNA, Mariscal ADV, García-Muñiz JG, Ramírez VR, Estrella QH, Núñez DR, a ser sometido a la Revista Veterinaria México

RESUMEN

COMPORTAMIENTO DE GANADO HOLSTEIN EN AGROEMPRESAS DE LECHERÍA FAMILIAR CON DIFERENTE NIVEL TECNOLÓGICO

Caldera NNA, Mariscal ADV, García-Muñiz JG, Ramírez VR, Estrella QH, Núñez DR

El objetivo del estudio fue evaluar los días abiertos (DA), el intervalo entre partos (IEP), la producción de leche ajustada a 305 días (PLT), la producción (PP) y los días al pico (DPP) de lactancia (PP), y la persistencia (PER) de vacas Holstein en agroempresas ganaderas familiares con diferente nivel tecnológico (NT) en el estado de Jalisco, México. La información analizada fue capturada con el software AGROPEC Star® en 46 granjas comerciales. Se utilizaron 537 registros de DA y 4,323 pesadas de leche provenientes de 537 lactancias de 427 vacas; también se dispuso de 4,472 registros de IEP provenientes de 1165 vacas. De acuerdo con las características de las instalaciones, manejo reproductivo y ordeña, las agroempresas se tipificaron como de bajo, medio o alto NT. El modelo estadístico incluyó los efectos de NT, número (NP), año (AP) y estación de parto (EP) e interacciones significativas ($P < 0.05$). Las vacas de agroempresas con bajo NT tuvieron DA (102 d) menores ($P < 0.01$) que las de NT medio (135 d) o alto (180 d). El IEP de vacas de segundo (390.7 d) y cuarto o más partos (388.8 d) fue más bajo ($P < 0.01$) que el de las de tercer parto (397.3 d). El IEP de vacas de agroempresas con NT bajo fue similar en secas y en lluvias; sin embargo, con NT medio o alto, fue más largo ($P < 0.05$) en lluvias que en secas. Vacas de tercero (6928 kg) y cuarto o más (6755 kg) partos tuvieron una PLT mayor ($P < 0.01$) que las de primero (5773 kg) y segundo (6456 kg) parto. En las agroempresas con NT bajo la PLT fue similar en secas y en lluvias; sin embargo, en las agroempresas con NT medio la PLT fue mayor ($P < 0.01$) en lluvias (6796 kg) que en secas (6130 kg), y lo contrario ocurrió en las agroempresas con NT alto (lluvias, 6520 vs secas, 7127 kg), observándose una interacción similar para PP. Las vacas de agroempresas con bajo (68.7 d) o alto (77.2 d) NT presentaron más tarde ($P < 0.01$) los DPP que las vacas en granjas con NT medio (47.7 d). Las vacas de primera lactancia (78 d) presentaron sus DPP más tarde ($P < 0.01$) que las de segunda (67 d), tercera (58 d) y cuarta o más (55 d) lactancias. Del mismo modo, las vacas de primera lactancia (24 kg) mostraron PP más bajas ($P < 0.01$) que vacas de segunda (28 kg), tercera (32 kg) y cuarta o más (31 kg) lactancias. Las vacas de primera lactancia presentaron el valor más alto ($P < 0.01$) de PER (63%). En las agroempresas con NT medio o alto la PER fue similar en secas (medio, 47.3%; 49.5%) y en lluvias (medio, 48.7%; alto 51.2%); sin embargo, con NT bajo fue más alta ($P < 0.01$) en secas (60%) que en lluvias (44%). El comportamiento reproductivo y de producción de leche es diferente en las agroempresas de lechería familiar, implicando que los programas de fomento, asistencia técnica y financiamiento deben considerar estas diferencias.

Palabras clave: Bovinos lecheros, días abiertos, intervalo entre partos, curvas de lactancia, producción de leche.

ABSTRACT

Norlan Ariel Caldera Navarrete

PERFORMANCE OF HOLSTEIN DAIRY COWS ON FAMILY DAIRY FARMS WITH DIFFERENT TECHNOLOGY LEVEL

(May 2003)

(Under the direction of PH. D. D. Valentina Mariscal Aguayo)

The objective of the study was to evaluate days open (DA), calving interval (IEP), 305-day milk yield (PLT), peak milk yield (PP), days to peak (DPP), and persistency (PER) of Holstein cows from family dairy farms from the state of Jalisco, México, with different level of technology (NT). Field records from 46 dairy farms were obtained through the AGROPEC Star[®] software. The information consisted of 537 records of DA, 4323 test-day records representing 427 cows and 537 lactations, and 4472 records of IEP from 1165 cows. According to farm characteristics such as facilities, buildings, reproductive management, and milking systems, farms were categorized as being of low, medium or high NT. Effects in the model included NT, number (NP), year (AP), and season (EP) of calving, and significant interactions ($P < 0.05$). Cows from farms with low NT had lower ($P < 0.01$) DA (102 d) than those from farms with medium (135 d) or high (180 d) NT. Cows from second (390.7 d) and fourth or greater (388.8 d) calvings had lower ($P < 0.01$) IEP than cows from third calving (397.3 d). Cows from farms with low NT had similar IEP during the rainy and dry seasons; however, cows from farms with either medium or high NT had longer ($P < 0.01$) IEP during the rainy than during the dry season. Cows from third (6928 kg) and fourth or greater (6755 kg) calvings had higher ($P < 0.01$) PLT than cows from first (5773 kg) or second (6456 kg) calvings. Cows from farms with low NT had similar PLT regardless of EP; however, cows from farms with medium NT had higher ($P < 0.01$) PLT during the rainy (6796 kg) than during the dry season (6130 kg), and the opposite occurred for cows from farms with high NT (rains, 6520 kg; dry season, 7127 kg). PP presented an interaction similar to PLT. Cows from farms with low (68.7 d) or high (77.2 d) NT had longer ($P < 0.01$) DPP than cows from farms with medium (47.7 d) NT. First lactation cows showed later ($P < 0.01$) peaks (78 d) than cows from second (67 d), third (58 d) and fourth or greater (55 d) lactations. First lactation cows showed lower ($P < 0.01$) peak milk yield (24 kg) than cows from second (28 kg), third (32 kg), and fourth or greater (31 kg) lactations. Lactation persistency was higher ($P < 0.01$) for first lactation cows (63%). Cows from farms with medium or high NT had similar PER during the dry (medium, 47.3%; high, 49.5%) and rainy (medium, 47.3%; high, 49.5%) season; however, PER of cows from farms with low NT was significantly higher ($P < 0.01$) during the dry (60%) than during the rainy (44%) season. Milk production and reproductive performance of family dairy farms with different NT is different, and programmers of technical advisory, financing, and rural development must take these differences into account.

Key words: Dairy cattle, days open, calving interval, lactation curves, milk yield.

INTRODUCCIÓN

En México, como en la mayoría de países de América Latina, la producción de leche de bovinos proviene de cuatro sistemas de producción: doble propósito, lechería especializada, semiespecializada y lechería familiar, los cuales se desarrollan bajo condiciones socioeconómicas, agroecológicas, y tecnológicas muy heterogéneas (SAGAR, 2000). El sistema de producción denominado familiar tiene gran importancia en México, porque contribuye con el 45% de la producción total de leche y utiliza el 25% de los vientres productores de leche (FIRA, 2001).

Algunos trabajos (Valencia y Velasco, 2000; Cervantes *et al.*, 2001) han tratado de caracterizar las agroempresas de lechería familiar en México y compararlas con sistemas especializados (Odermatt y Santiago, 1997; Lara-Covarrubias *et al.*, 2003). La mayoría de estos trabajos consideran principalmente el uso de los recursos, los costos de producción y el análisis de los factores que influyen en la productividad y la rentabilidad de las empresas. De lo anterior, algunos autores (Cervantes *et al.*, 2001; Sánchez, 1985) concluyeron que las agroempresas de lechería familiar poseen variantes con características distintas dentro del sistema, por lo que pueden ser subdivididas de acuerdo al nivel tecnológico presente en: alto, medio y bajo. Sin embargo, los reportes que las caracterizan en términos reproductivos y productivos son limitados, por lo que es importante definir estrategias que permitan el mejor conocimiento de estas agroempresas, para la utilización de los recursos con mayor eficiencia.

En México, una de las regiones de mayor importancia en la producción lechera y donde predomina las agroempresas de producción familiar es la región de los Altos de Jalisco,

ubicada en el noreste del estado. Jalisco aporta el 17.25% de la producción nacional y la región de los Altos de Jalisco aporta aproximadamente el 47% de la producción estatal (SAGAR, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue comparar agroempresas del sistema de lechería familiar con diferentes niveles tecnológicos (alto, medio y bajo) de la región de los Altos de Jalisco, en términos de comportamiento reproductivo y de producción de leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó con productores de una cooperativa localizada en el municipio de Acatic, Jalisco, el cual está localizado en la región sur de los Altos de Jalisco, con coordenadas 20°39'40" a los 20°55'00" de latitud norte y 102°40'12" a los 103°02'10" longitud oeste, a una altitud de 1,680 m. El municipio tiene una extensión de 362.39 km², cuenta con clima semi-seco (invierno y primavera secos), semi-cálido con invierno benigno, temperatura y precipitación media anual de 18.5 °C y 853.8 mm, respectivamente, y con régimen de lluvias en los meses de julio, agosto y septiembre (Centro Nacional de Desarrollo Municipal, 1988), el suelo tiene un uso predominantemente agropecuario y la tenencia de la tierra en su mayoría corresponde a pequeños propietarios (Centro Nacional de Desarrollo Municipal, 1988).

La cooperativa cuenta con 335 socios tanto del ejido como de la pequeña propiedad, con la finalidad principal de asegurar la venta de su producción lechera en forma común.

Tipificación de las agroempresas

Para el presente estudio, se utilizó la información de 46 agroempresas con ganado Holstein basándose en la metodología para la elaboración de tipologías de actores del IICA propuesta por Herrera (1998) y modificada por Cervantes (Cervantes *et al.*, 2001) en los Altos de Jalisco. Se establecieron grupos homogéneos de agroempresas por nivel tecnológico, con base en tres criterios: a) criterios principales, los que definieron la inclusión de las agroempresas por nivel tecnológico, considerándose las características de cada agroempresa

(nutrición, mejoramiento genético, instalaciones e infraestructura, comercialización de la leche y el tipo de ordeño) que a su vez están correlacionados con el rendimiento y la utilidad económica; b) criterios de calificación, considerando tamaño del hato, número de vacas productivas, número de reemplazos, entre otros; y c) criterios de cuantificación, tomando en cuenta producción de leche, calidad y precio por litro de leche.

Con base en los criterios anteriores, se generaron tres niveles tecnológicos: bajo, medio y alto los cuales agruparon al 69.5%, 19.6%, y 10.9%, respectivamente, de las 46 agroempresas en estudio. Las características de cada nivel tecnológico se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características de los diferentes niveles tecnológicos obtenidos en la tipificación de agroempresas del sistema de lechería familiar en la región de los Altos de Jalisco*

Criterio	Nivel Tecnológico		
	Bajo	Medio	Alto
1. Principales			
Nutricional	Aprovechamiento de agostaderos, rastrojos molido, alimento concentrado ocasionalmente	Alimento concentrado, suministro de alfalfa, rastrojos molido, pastoreo en agostadero (lluvias)	Alimento concentrado y suministro de alfalfa, rastrojo molido
Mejoramiento genético	Monta natural y ocasionalmente inseminación artificial	Inseminación artificial y monta natural	Inseminación artificial y transferencia de embriones
Instalaciones e infraestructura	Tejabanes o no, sin infraestructura básica, corrales de alambre.	Tejabanes o salas de ordeño rústicas, comederos semi techados, corrales de alambre	Salas de ordeño, corrales de tubo, comederos techados, echaderos, bodegas, agua potable
Enfriamiento de leche y calidad de leche [†]	Tanques comunales e individuales.	Tanques individuales y comunales	Tanques individuales
Comercialización de la leche	Fría y caliente.	Fría	Fría
Tipo de Ordeña	Mecánica (ordeñadora de carrito, línea directa al bote) y manual	Mecánica (línea directa al tanque o línea directa al bote)	Mecánica (línea directa al tanque)
2. De calificación			
Número de cabezas del hato	Menor o igual a 35	37 - 83	70 ó más
Número de vacas en producción	27 ó menos	25 a 42	55 ó más
Número de reemplazos	Menos de 19	20 a 33	44 ó más
3. De cuantificación			
Producción en línea de ordeño (L)	19 o menos	19 a 26	24 ó más
Precio base por litro de leche	\$ 2.44	\$ 2.72	\$ 2.76

* Basada en la tipología de actores del IICA (Herrera, 1998) y modificada por Cervantes (Cervantes *et al.*, 2001) para la región de los Altos de Jalisco.

[†] Para calidad de leche: Tanques individuales (punto crioscópico = 540-559°C; reductasa = 600 minutos; grasa = 3.3%; sedimento = menor a 1 (negativo = 0, ligeramente sedimentado = 1, moderadamente sedimentado = 2, altamente sedimentado = 3); CCS = 300,000 cs/mL; conteo bacteriano = 100,000 ufc/mL; acidez (ácido láctico) = 1.3-1.7 g/L; densidad (15°C) = 1.029 g/mL). Para tanques comunales (punto crioscópico = 540-559°C; reductasa = 400-449 minutos; grasa = 3.3%; sedimento = menor a 1 (negativo = 0, ligeramente sedimentado = 1, moderadamente sedimentado = 2, altamente sedimentado = 3); CCS = 300,000; cs/mL; conteo bacteriano = 100,000 ufc/mL; acidez (ácido láctico) = 1.3-1.7 g/L; densidad (15°C) = 1.029 g/mL).

Sistemas de alimentación

Las vacas del nivel tecnológico bajo fueron manejadas bajo condiciones extensivas de pastoreo durante la época de lluvias. No recibieron ningún tipo de suplementación alimenticia, proporcionándoseles agua al libre acceso. Los pastos de las agroempresas eran nativos de la región y no recibieron ningún tipo de manejo. Durante la época seca cambian el régimen alimenticio de pastoreo extensivo a suplementación de concentrado, con apoyo de esquilmos agrícolas y cantidades mínimas de ensilado de maíz, pero mantienen a los animales en los agostaderos.

En el nivel tecnológico medio, el régimen alimenticio es de semiestabulación durante todo el año, suministrándosele agua al libre acceso. La base nutricional son alimentos concentrados, suministro de alfalfa, esquilmos de cosecha, ofrecido dos veces al día. Durante la época de lluvias aprovechan los agostaderos lo cual complementa la oferta alimenticia durante éste periodo del año.

El sistema de alimentación en el nivel tecnológico alto es de condiciones semi-intensivas, no aprovechan los agostaderos, y el régimen alimenticio se basa en alimentos concentrados, suministro de alfalfa y pequeñas cantidades de rastrojos molidos, manteniendo este régimen durante todo el año, sin cambios en su alimentación.

Características de la información utilizada

Los registros utilizados se generaron con ayuda del software AGROPEC Star[®] (AGROPEC Star, 1996) durante el período de 1997 al 2002. Los años 1997 y 2002 se agruparon dentro de los años 1998 y 2001, respectivamente debido a que no se contaba con toda la

información de estos años. Se generaron dos bases de datos, la primera para el análisis de la información reproductiva y otra para producción de leche.

Para la primera base de datos se utilizó la información de las 46 agroempresas, analizándose las variables reproductivas días abiertos (DA; $n = 537$) e intervalo entre partos (IEP; $n = 4,472$ registros, $n = 1165$ vacas). Los datos se editaron eliminando los registros de DA (25.88%) para vacas paridas sin un siguiente servicio efectivo en el momento de colecta de la información.

En la segunda base de datos se analizaron las variables productivas: producción de leche por lactancia ajustada a 305 días (PLT), día de la lactancia al pico máximo de producción (DPP), producción de leche al pico de la lactancia (PP), y persistencia (PER), definida esta última como la relación entre la producción de leche en el último día de la lactancia y la producción de leche al pico de la lactancia en porcentaje.

Inicialmente se contó con 9,727 pesadas de leche con intervalos de 15 a 30 días, provenientes de 1,963 lactancias de 1,039 vacas. Se eliminaron lactancias con menos de tres registros de pesadas en por lo menos los primeros 90 días. Posteriormente, se modelaron las curvas de lactancias (ajustadas a 305 días) con función gamma incompleta propuesta por Wood (Wood, 1967), y se descartaron las lactancias que produjeron curvas atípicas (sin una fase de ascenso, mantenimiento y descenso), resultando en una base de datos final de 537 lactancias ajustadas a partir de 4,323 registros de pesadas de leche, de un total de 427 vacas, provenientes de 16 agroempresas (bajo = 6; medio = 6; alto = 4).

Análisis Estadístico

Información reproductiva

Las variables evento-tiempo como DA e IEP, se analizaron por medio de los procedimientos LIFETEST y MIXED, respectivamente, del paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

Los datos de la variable DA se analizaron para cada uno de los tres niveles tecnológicos y número de partos (1, 2, 3, 4 o más). El procedimiento LIFETEST permitió la inclusión de registros censurados para la variable DA, es decir, vacas paridas sin un servicio efectivo al momento de colecta de la información.

El procedimiento LIFETEST de SAS (SAS, 2001) se ajustó usando el método de Kaplan-Meier (opción METHOD=KM en el enunciado PROC) para obtener la mediana de DA e IEP de la distribución del porcentaje de vacas no gestantes y del porcentaje de vacas sin un siguiente parto por nivel tecnológico y por número de parto. También, se ajustó la opción PLOTS (S) para obtener la distribución de DA e IEP. Las diferencias entre las curvas de DA e IEP por nivel tecnológico, así como para número de partos que genera el procedimiento se evaluaron con las pruebas de hipótesis Wilcoxon y Log-Rank para determinar si las curvas eran diferentes al inicio y al final, respectivamente (SAS, 2001).

Los datos de la variable IEP se analizaron por medio de un modelo lineal mixto que incluyó los efectos de nivel tecnológico, número, época y año de parto así como las posibles interacciones entre ellos.

Información productiva

Para la predicción de las curvas de lactancia se utilizó la producción de leche (PL) observada quincenal o mensual, para cada lactancia individual, y se ajustó la función gamma incompleta de Wood (Wood, 1967), utilizando el procedimiento NLIN de SAS (SAS, 2001).

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Donde:

Y_t = es la producción de leche en el día t de la lactancia,

e = es la base de los logaritmos naturales,

a , b y c = parámetros de la ecuación a ser estimados.

Para el análisis de las variables productivas se consideraron modelos mixtos incluyendo los efectos fijos de nivel tecnológico, época de parto, año de parto, número de parto, y las interacciones dobles entre éstos; además de agroempresas dentro de nivel tecnológico y vaca dentro de agroempresa y nivel tecnológico como aleatoria. Se eliminaron aquellas interacciones donde no se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) llegándose al siguiente modelo:

$$Y_{ijklmno} = \mu + NT_i + EP_j + NP_k + AP_l + AE(NT)_m + V(AE)_n + (NT*EP)_{ij} + (NT*AP)_{il} + e_{ijklmno}$$

Donde:

- μ = Media común para todas las observaciones, y
- NT_i = Efecto fijo del i -ésimo nivel tecnológico (i = bajo, medio, alto), y

- EP_j = Efecto de la j -ésima época de parto [$j = 1$ = época seca (octubre a marzo), $j = 2$ = época lluvia (abril a septiembre)], y
- NP_k = Efecto fijo del k -ésimo número de parto ($k = 1, 2, 3, 4$ o más), y
- AP_l = Efecto del l -ésimo año de parto ($l = 1998, 1999, 2000, 2001$), y
- $(NT*EP)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la j -ésima época de parto con el i ésimo nivel tecnológico, y
- $(NT*AP)_{il}$ = Efecto de la interacción del l -ésimo año de parto con el i -ésimo nivel tecnológico, y
- $AE(NT)_m$ = Efecto aleatorio de la m -ésima agroempresa ($m = 1, \dots, 16$) anidada en $NT \sim N(0, \sigma_a^2)$, y
- $V(AE)_n$:= Efecto aleatorio de la n -ésima vaca ($n = 1, \dots, 427$) anidada en $AE \sim N(0, \sigma_v^2)$, y
- $e_{ijklmno}$ = Error aleatorio asociado con cada observación $\sim N(0, \sigma_e^2)$.

Las características productivas se analizaron a través del procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2001), utilizando el método REML (SAS, 2001). El enunciado LSMEANS se usó para obtener las medias de cuadrados mínimos para los efectos principales y las interacciones. En el modelo, la opción /DDFM=SATTERTH se usó para calcular los grados de libertad aproximados para los factores que no tuvieron prueba exacta (Neter *et al.*, 1996). La prueba de Tukey se utilizó para la comparación de medias de cuadrados mínimos.

RESULTADOS

Comportamiento reproductivo

En el Cuadro 6 se muestra que la variable reproductiva DA tuvo diferencias significativas ($P < 0.01$) por efecto de nivel tecnológico. La mediana de DA de las vacas en el nivel tecnológico alto fue mayor (180 d) que la de las vacas de los niveles tecnológicos medio (135 d) y bajo (102 d). El efecto de número de parto sobre DA mostró diferencias significativas ($P < 0.06$), donde las DA para las vacas de segundo parto (138 d) fueron más cortos en comparación a las vacas de primero (149 d), y cuarto o más partos (168 d), a su vez las vacas de tercer parto manifestaron los DA más largo (185 d) que las vacas de primero, segundo y cuarto o más partos.

Cuadro 6. Efecto del nivel tecnológico y número de parto sobre la variable días abiertos (DA), en agroempresas de lechería familiar

Efecto	Mediana	Intervalo de confianza (95%)	Censura (%)	Nivel de significancia	
				Wilcoxon	Log-Rank
Nivel bajo	102	[190,125]	24.7	< 0.0001	0.0096
Nivel medio	135	[114,154]	19.3		
Nivel alto	180	[155,201]	28.9		
Parto 1	149	[135,180]	24.0	0.1874	0.0064
Parto 2	138	[126,152]	15.9		
Parto 3	185	[133,292]	39.5		
Parto 4 o más	168	[126,231]	29.9		

(n = 527 vacas, n = 537 registros)

La variable IEP no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) para el efecto de nivel tecnológico (Cuadro 7);. El número de parto fue significativo ($P<0.01$) para IEP, evidenciando que las vacas de segundo (390.7 d) y cuarto o más partos (388.8 d) fue más bajo, que el de las vacas de tercer parto (397.3 ± 1.8 d).

Cuadro 7. Nivel de significancia (probabilidad) para la variable reproductiva intervalo entre partos (IEP) y las variables producción de leche total (PLT), días al pico de máxima producción (DPP), producción de leche al pico de la lactancia (PP) y persistencia (PER)

Fuente de variación	IEP	PLT	DPP	PP	PER
Nivel Tecnológico (NT)	0.0910	0.4229	0.0016	0.1339	0.7122
Número de parto (NP)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Año de parto (AP)	0.0285	0.0229	0.0065	0.6717	0.0005
Época de parto (EP)	0.0079	0.7758	0.1016	0.8864	0.0485
NT*EP	0.0247	<0.0001	0.2164	0.0005	0.0050
NT*AP	<0.0001	0.7400	0.0055	0.1572	0.0001

[†] (n = 427 vacas, n = 537 lactancias)

En la Figura 1, se observa el efecto de la interacción del nivel tecnológico por época, donde las vacas de los niveles tecnológicos medio y alto presentan un IEP más largo ($P<0.05$) durante la época de lluvias (396.9 ± 3.0 y 400.4 ± 3.3 d, respectivamente) respecto a secas (390.5 ± 2.8 y 391.0 ± 3.1 d, respectivamente), no observándose diferencias para el nivel tecnológico bajo en ambas épocas. Así mismo se observa interacción significativa ($P<0.05$) entre nivel tecnológico y año de parto (Cuadro 7).

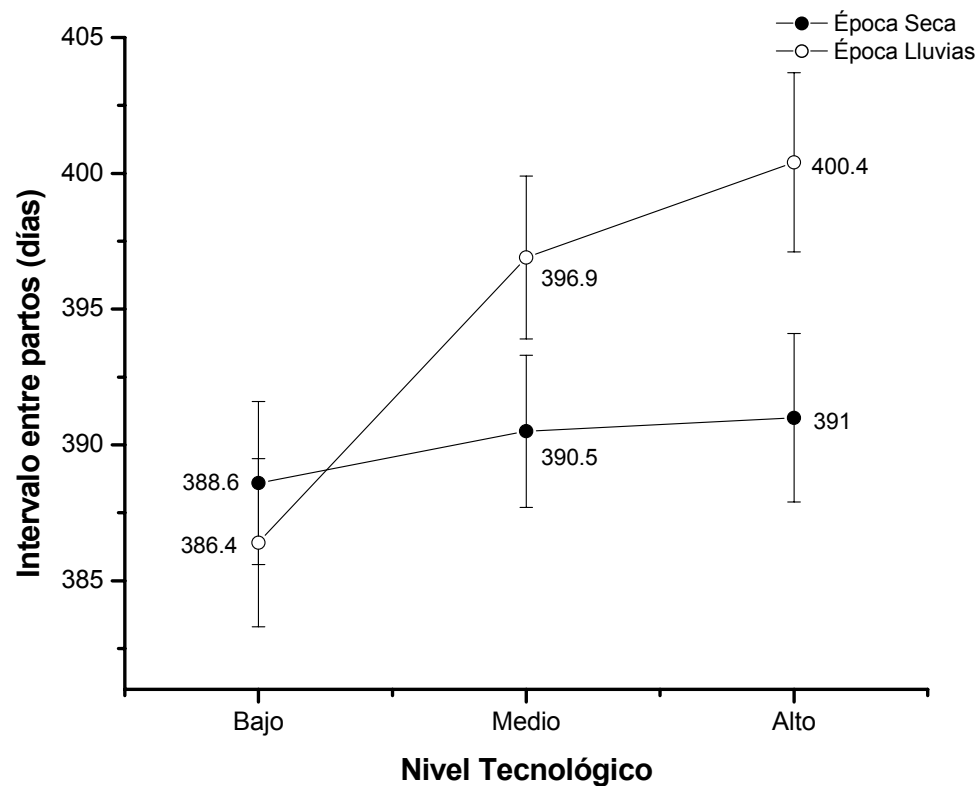


Figura 1. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con época de parto sobre la variable intervalo entre partos de vacas Holstein, en agroempresas de lechería

Producción de leche

En la Figura 2, se muestran las curvas de lactancia ajustadas a 305 d para cada nivel tecnológico. La curva correspondiente al nivel tecnológico bajo es de menor producción que la de los niveles tecnológicos medio y alto, presentado un pico de lactancia más bajo, y una menor tasa de descenso de la curva. La curva de lactancia del nivel tecnológico medio mostró una rápida fase de ascenso, alcanzó un pico de lactancia en menor tiempo que la curva del nivel tecnológico bajo y alto, con una mayor tasa de caída. El comportamiento de la curva del nivel tecnológico alto es muy similar a la que presenta el nivel tecnológico medio, pero de mayor producción, alcanzando su pico de lactancia en un lapso de tiempo

más largo que la curva del nivel tecnológico medio, pero similar a los días en que alcanza el pico de la lactancia la curva del nivel tecnológico bajo. La curva de lactancia del nivel tecnológico bajo mostró mayor persistencia que las curvas de lactancias de los niveles tecnológicos medio y alto.

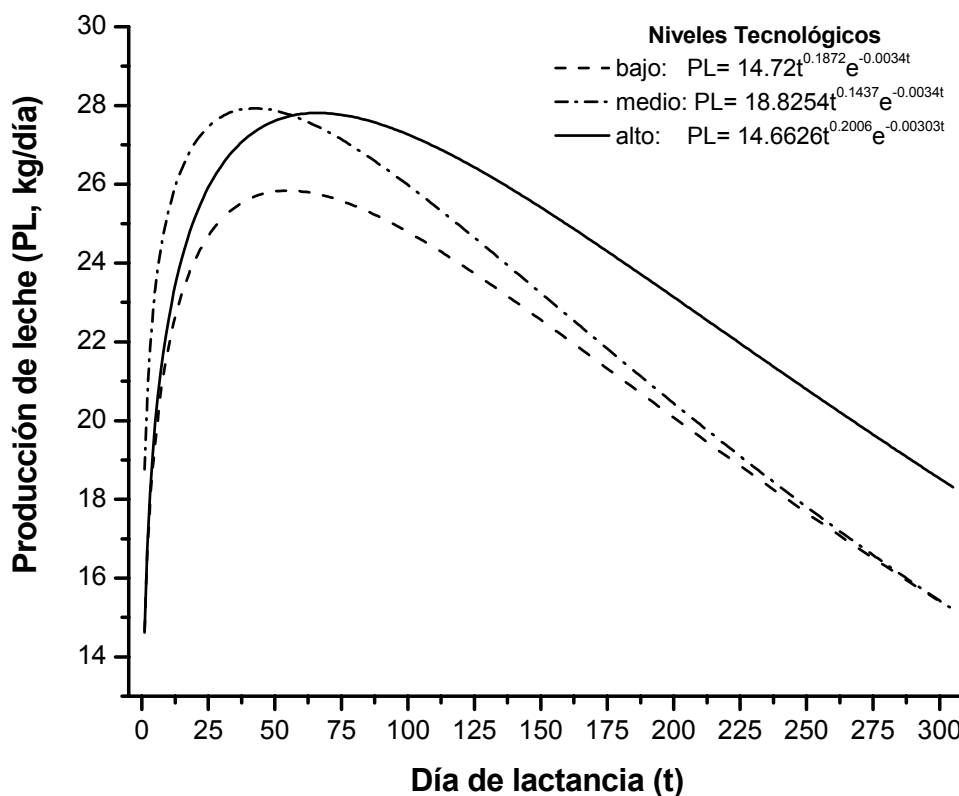


Figura 2. Curvas de lactancia ajustadas a 305 días (ecuación de Wood), para vacas Holstein, por nivel tecnológico en agroempresas de lechería familiar

Los niveles de significancia de las variables de producción de leche, se muestran en el Cuadro 7. El nivel tecnológico no afectó la PLT ($P > 0.42$); sin embargo, la interacción del nivel tecnológico por época de parto tuvo un efecto importante ($P < 0.01$). En la Figura 3, se

muestra que en el nivel tecnológico bajo no se encontraron diferencias en la PLT en secas y lluvias; sin embargo, en el nivel tecnológico medio la PLT fue 9.8% más alta ($P<0.05$) en lluvias que en secas, mientras, que la situación se invirtió ($P<0.05$) en el nivel tecnológico alto donde en secas fue 8.5% más alta que en lluvias. El número de parto fue significativo ($P<0.01$) para la PLT, las vacas de primer parto fueron significativamente ($P<0.05$) de menor producción que las de segundo, tercero, y cuarto o más partos, con diferencias reducidas entre las otras categorías.

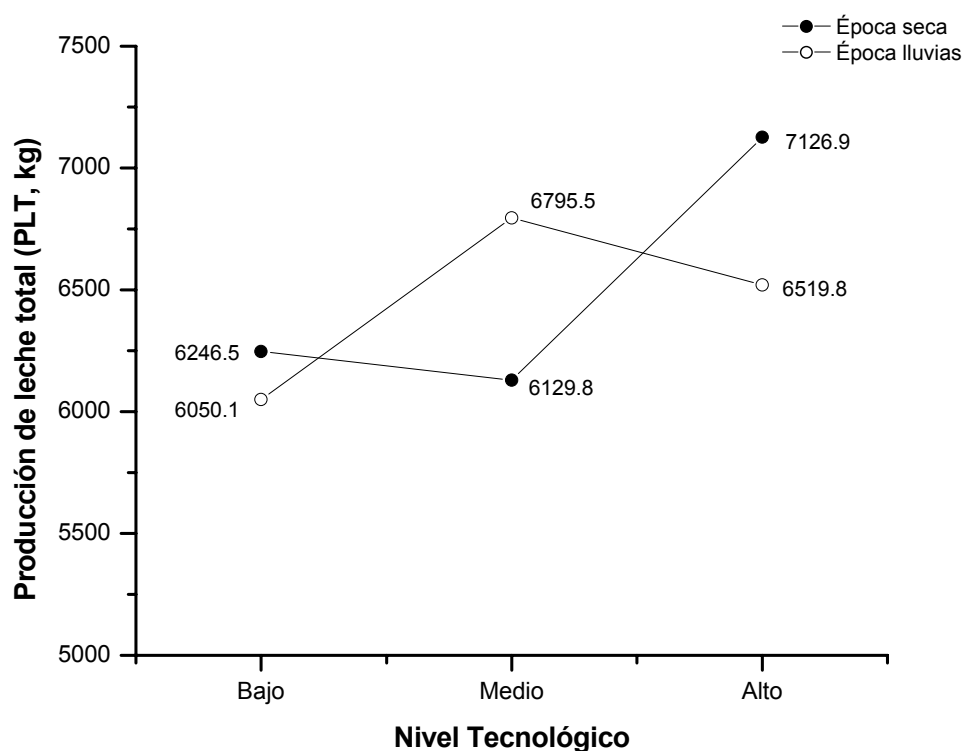


Figura 3. Efecto de la interacción del nivel tecnológico por época de parto sobre la producción de leche total de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar

Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para la variable reproductiva intervalo entre parto (IEP) y las variables producción de leche total (PLT), días al pico de máxima producción (DPP), producción de leche al pico de la lactancia (PP), persistencia (PER), obtenidos para los efectos de nivel tecnológico, número de parto, año de parto, y época de parto

Fuente de variación	IEP	PLT	DPP	PP	PER
Nivel tecnológico					
Bajo	387.5 $\pm$ 2.6	6148.3 $\pm$ 347.1	68.7 $\pm$ 6.2 ^a	26.8 $\pm$ 1.2	51.7 $\pm$ 3.5
Medio	393.7 $\pm$ 2.6	6462.6 $\pm$ 311.4	47.7 $\pm$ 5.0 ^b	29.1 $\pm$ 0.9	48.0 $\pm$ 3.0
Alto	395.7 $\pm$ 9.9	6823.4 $\pm$ 355.1	77.2 $\pm$ 4.3 ^a	30.3 $\pm$ 1.1	50.4 $\pm$ 3.1
Número de parto					
1		5773.5 $\pm$ 211.5 ^c	78.1 $\pm$ 4.0 ^a	23.7 $\pm$ 0.7 ^c	62.6 $\pm$ 2.2 ^a
2	390.7 $\pm$ 1.8 ^b	6455.9 $\pm$ 229.9 ^b	66.6 $\pm$ 4.5 ^{ab}	28.4 $\pm$ 0.7 ^b	50.1 $\pm$ 2.3 ^b
3	397.3 $\pm$ 2.6 ^a	6927.7 $\pm$ 235.9 ^a	58.3 $\pm$ 5.3 ^b	31.7 $\pm$ 0.8 ^a	43.9 $\pm$ 2.6 ^b
4 o más	388.8 $\pm$ 1.7 ^b	6755.4 $\pm$ 226.4 ^{ab}	55.1 $\pm$ 4.7 ^b	31.1 $\pm$ 0.8 ^a	43.4 $\pm$ 2.4 ^b
Año de parto					
1998	395.5 $\pm$ 2.9	6068.9 $\pm$ 237.6 ^b	52.3 $\pm$ 4.7 ^b	28.1 $\pm$ 0.8	45.0 $\pm$ 2.5 ^b
1999	389.1 $\pm$ 2.0	6546.5 $\pm$ 232.4 ^{ab}	65.4 $\pm$ 4.9 ^{ab}	28.7 $\pm$ 0.8	53.2 $\pm$ 2.5 ^{ab}
2000	391.1 $\pm$ 1.7	6408.1 $\pm$ 249.3 ^{ab}	63.4 $\pm$ 5.4 ^{ab}	28.7 $\pm$ 0.9	45.6 $\pm$ 2.7 ^b
2001	393.5 $\pm$ 1.7	6888.9 $\pm$ 282.2 ^a	76.9 $\pm$ 5.6 ^a	29.4 $\pm$ 0.9	56.2 $\pm$ 3.0 ^a
Época de parto					
Seca	390.7 $\pm$ 1.7 ^a	6501.1 $\pm$ 200.9	68.6 $\pm$ 3.4	28.7 $\pm$ 0.6	52.1 $\pm$ 2.0 ^a
Lluviosa	394.6 $\pm$ 1.8 ^b	6455.1 $\pm$ 221.7	60.4 $\pm$ 4.4	28.7 $\pm$ 0.6	47.9 $\pm$ 2.3 ^b

^{a,b,c} Medias con diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

El nivel tecnológico fue importante para los DPP (P<0.01). En el Cuadro 8 se muestra que en general, las vacas del nivel tecnológico medio alcanzaron en menor tiempo el pico de máxima producción de leche que las vacas del nivel tecnológico alto (P<0.05, 47.7 vs 77.2, respectivamente). Adicionalmente, se estimó una interacción importante (P<0.01) entre el nivel tecnológico y año de parto, lo cual fue debido principalmente a la variabilidad en los DPP para el nivel tecnológico bajo (Figura 4). El número de parto fue significativo (P<0.05)

para DPP, donde las vacas de primer parto alcanzan el pico en menor tiempo respecto a las vacas de tercero, cuarto o más partos, con poca variación con las de segundo parto.

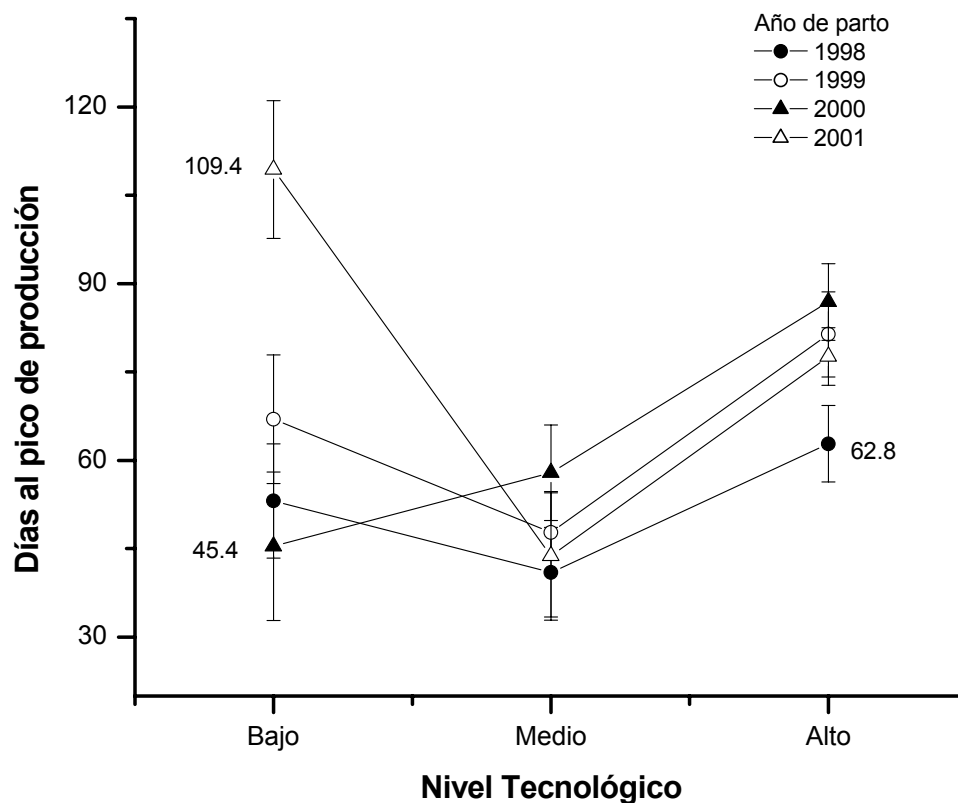


Figura 4. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con año de parto sobre los días al pico de producción de leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar

El nivel tecnológico no afectó la PP ($P>0.13$); sin embargo, si hubo efecto de la interacción con época de parto ($P<0.01$). En la Figura 5 se observa que en los niveles tecnológicos bajo y medio no existen diferencias ($P>0.05$) entre épocas, pero en el nivel tecnológico alto la producción máxima fue 7.9% superior en secas respecto de lluvias. El efecto de número de parto fue significativo ($P<0.01$) para PP (Cuadro 7), donde las vacas de primer parto

mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) con las vacas de segundo, tercero y cuarto o más parto (Cuadro 8).

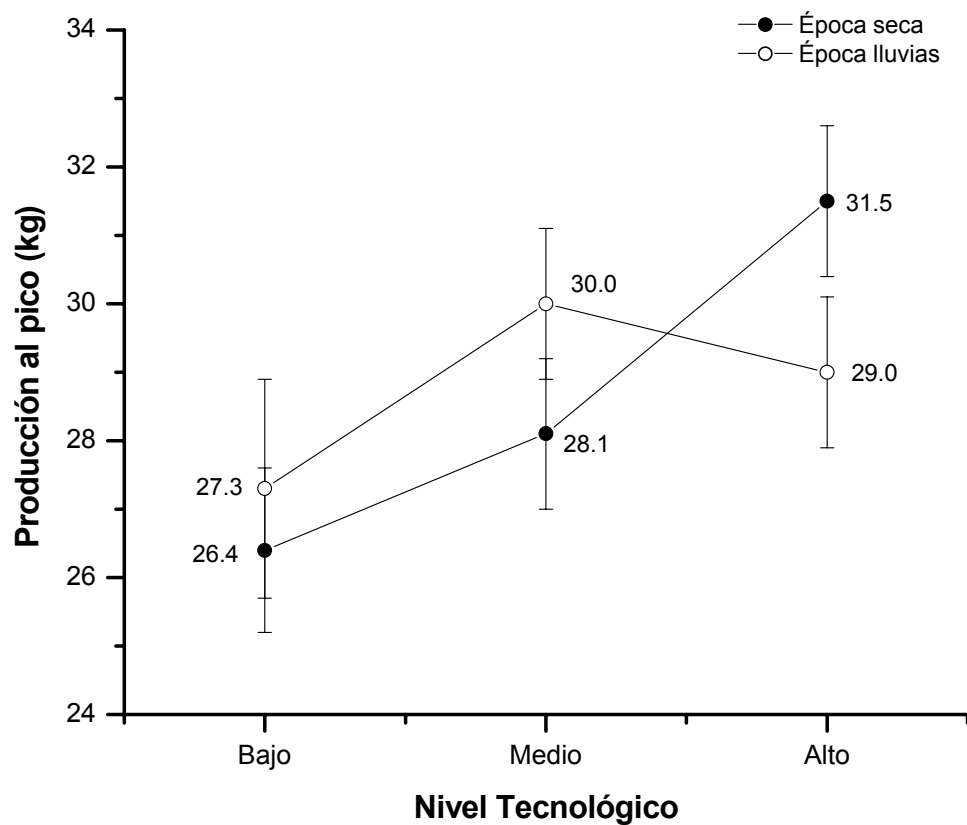


Figura 5. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con época de parto sobre la producción de leche al pico de la lactancia de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar

El nivel tecnológico no afectó la PER ($P>0.71$); sin embargo, si hubo efecto de su interacción ($P<0.01$) con época y año de parto (Cuadro 7). En la Figura 6, se observa que en los niveles tecnológicos medio y alto no existieron diferencias ($P>0.05$) entre épocas, pero en el nivel tecnológico bajo, la PER en época seca fue 26.5% mayor ($P<0.05$) que en lluvias.

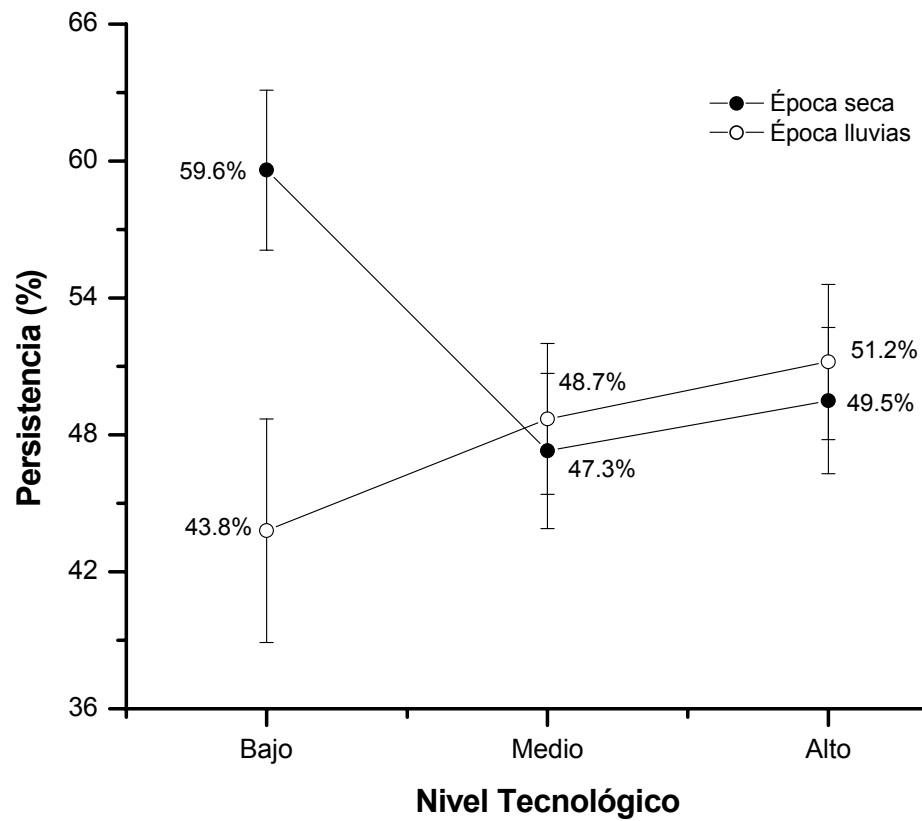


Figura 6. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con la época de parto sobre persistencia en leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar

Para la interacción del nivel tecnológico con año de parto, resultados similares fueron encontrados respecto a la variación en el nivel tecnológico bajo (Figura 7). Las vacas de primer parto fueron significativamente ($P < 0.05$) más persistentes (62.6%) que las vacas de segundo, tercero y cuarto o más partos (50.1, 43.9 y 43.4%, respectivamente).

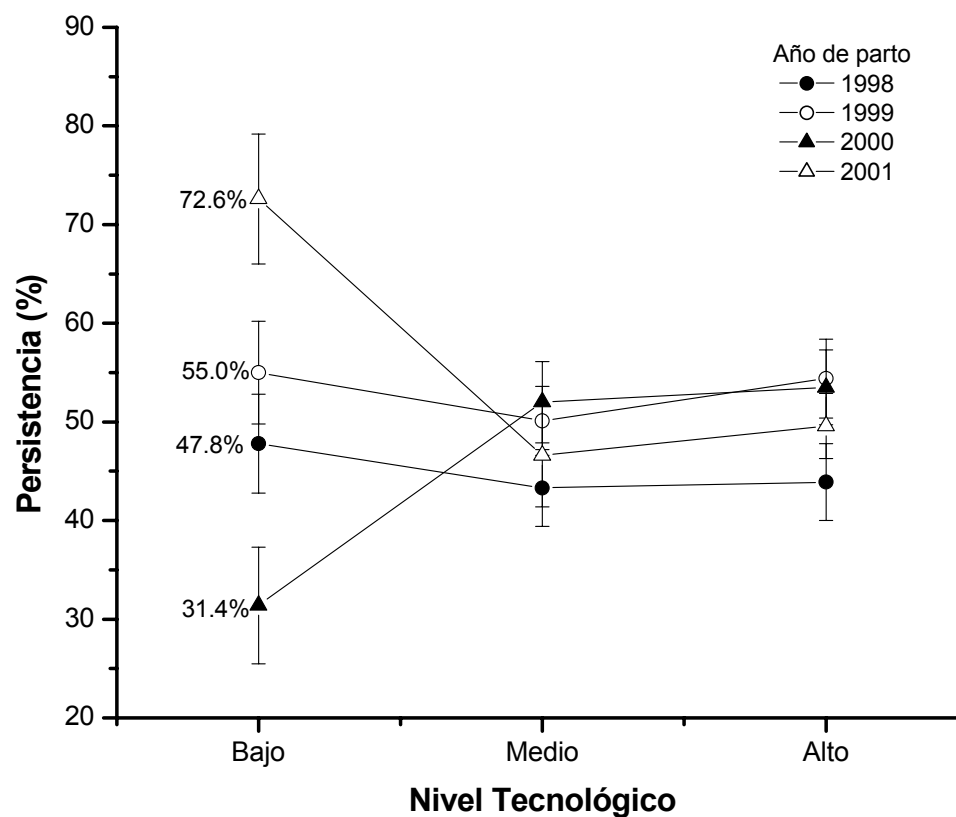


Figura 7. Efecto de la interacción del nivel tecnológico con año de parto sobre persistencia en leche de vacas Holstein, en agroempresas de lechería familiar

El año de parto no fue significativo para PP ($P>0.67$); sin embargo, tuvo efecto significativo para PLT ($P<0.05$), DPP y PER ($P<0.01$). La PLT fue diferente con respecto a 1998 (6,068.9 kg) y 2001 (6,888.9 kg), con pocas diferencias en los otros años. Los DPP fueron significativos ($P<0.05$) en el año 1998 (52.3 d) con diferencias reducidas para 1999 y 2000 (65.4 y 63.4 d, respectivamente); sin embargo, durante el año 2001 se obtuvo el mayor valor para DPP (76.9 d) en comparación a 1998, pero a su vez, el incremento obtenido en el 2001

fue reducido respecto a 1999 y 2000. El valor de PER, fue significativo ($P<0.05$) para 2001 que presentó el valor más alto de PER (56.2%), el año 1999 presentó diferencias reducidas respecto a 2001, pero a su vez 1998 tuvo el valor más bajo de PER (45.0%), durante el año 1999 y el 2000 las diferencias se redujeron (53.2 y 45.6%, respectivamente) respecto a 1998.

El efecto de la época de parto no fue significativo para PLT ($P>0.77$), DPP ($P>0.10$) y para PP ($P>0.88$); sin embargo, fue significativo para PER ($P<0.05$). El mayor valor de persistencia se obtuvo durante la época seca respecto a la de lluvias (52.1 y 47.9%).

DISCUSIÓN

Comportamiento reproductivo

La mejor eficiencia reproductiva (DA e IEP) mostrada por las vacas en el nivel tecnológico bajo, posiblemente se deba al uso de la monta natural y a una menor pérdida de condición corporal en el periodo posparto, lo cual pudiera reflejarse en una mejora a los días a la primera ovulación y los días al primer estro. Por el contrario, las vacas de los niveles medio y alto, posiblemente presentaron un balance de energía negativo al inicio de la lactancia. Se ha determinado que cuando la pérdida de condición corporal en el periodo posparto es severa (más de un punto), aumentan los días a la primera ovulación, los días al primer estro, el número de servicios por concepción, incrementando los DA. Sin embargo, las pérdidas moderadas (menos de un punto), no parecen afectar significativamente a los parámetros reproductivos (Wattiaux, 1995; Bach, 2001; Linn, 2001). La disminución de la fertilidad puede ser debida a su mayor nivel de producción de leche, y estar asociada a los sistemas de manejo y alimentación de cada nivel tecnológico.

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren de los valores de DA de 85 d e IEP 365 d considerados como deseables para una buena reproducción. No obstante una meta práctica ha alcanzar es obtener valores de 100 y 380 d para DA e IEP (Gasque, 1987; Muñoz, 1996). Los valores que se obtuvieron en el nivel bajo (DA= 102 d e IEP= 387.5 d) se asemejan a la meta práctica señalada. En algunos sistemas de lechería especializada (Vega y Zárate, 1984; Ortiz, 1989; Ruiz, 1989) se reportan valores promedio de 136 y 419 d para DA e IEP, estos promedios son similares a los valores obtenidos en los niveles bajo y medio pero difieren los DA para el nivel alto.

Así mismo, en agroempresas lecheras comerciales (Reksen *et al.*, 1999) se han encontrado valores de DA (126-130 d) e IEP (374-377 d) que coinciden con los valores encontrados para los niveles tecnológicos bajo y medio pero difieren con los encontrados para el nivel tecnológico alto.

Los valores de DA (185 d) e IEP (397.3 d) obtenidos en vacas de tercer parto tuvieron ligeras diferencias con los obtenidos para las vacas de primero, segundo y cuarto o más partos. Esta diferencia obtenida puede ser atribuida a que las vacas de tercer parto, ya no destinan parte del alimento consumido a crecimiento como en las vacas de primero, y segundo parto, destinando la mayor parte a la producción de leche, lo que afecta el comportamiento reproductivo. Se ha señalado que los DA son mayores en vacas de tercer parto o más que en vacas jóvenes y presentan una menor tasa de concepción, 8% menor que las jóvenes (Eicker *et al.*, 1996). También, se ha encontrado que el intervalo parto concepción (DA) es menor en vacas de primer parto incrementándose en vacas de segundo al sexto parto y disminuyendo éste en el séptimo parto (McClure, 1994). El comportamiento de los DA encontrados son coincidentes con lo afirmado anteriormente, con la variante que los DA disminuyeron a partir del cuarto o más parto. En otro trabajo, se obtuvieron valores de DA e IEP, en promedio mayores en vacas jóvenes que en vacas adultas, este comportamiento fue atribuido a que las vacas jóvenes manifestaron un mayor balance energético negativo que las vacas adultas (Wood, 1967). Esto no coincide con los resultados obtenidos en este trabajo. Se ha afirmado que el primer IEP óptimo debe ser de 400 d y de 365 d en intervalos posteriores (Gutiérrez, 1994). Los resultados obtenidos para el primer IEP son adecuados al coincidir con el intervalo óptimo sugerido, pero los IEP siguientes se superan los 365 d recomendados para una buena reproducción.

En agroempresas comerciales se han encontrado valores de DA e IEP mayores en época de lluvias que en secas (Eicker *et al.*, 1996), igual comportamiento fue encontrado en este estudio en los niveles medio y alto, no coincidiendo con los resultados obtenidos para el nivel tecnológico bajo, que no mostró diferencias entre épocas; la explicación de este último fenómeno podría deberse a que las vacas del nivel bajo presentan un menor estrés por no estar en confinamiento como en los otros niveles tecnológicos, además de que la monta natural mejora la detección de calores; caso contrario de los niveles tecnológicos medio y alto donde el estrés de las vacas durante las lluvias (mayor confinamiento en instalaciones), como una mala detección de celos y un mayor tiempo al servicio durante las lluvias, que pueden estar influenciando las diferencias entre épocas entre los niveles tecnológicos medio y alto con respecto al nivel tecnológico bajo.

Comportamiento productivo

Las curvas de lactancia obtenidas para cada nivel tecnológico no difirieron en su forma, lo que es coincidente con la mayoría de los trabajos revisados (Wood, 1980; Rowlands *et al.*, 1982; Keown *et al.*, 1986). El comportamiento de la curva de lactancia del nivel tecnológico bajo es característico de vacas de menor producción, presentando una baja PP, pero mantienen una producción más persistente después del pico de la lactancia. La curva del nivel tecnológico medio, se caracteriza por presentar una alta producción inicial y una rápida fase de descenso lo que la hace menos persistente que la mostrada en el nivel tecnológico bajo. La curva de lactancia del nivel tecnológico alto es característica de vacas de mayor producción, presentando una PP más alto y alcanzando el mismo en un periodo de tiempo más largo, que la curva de lactancia del nivel tecnológico medio. Una diferencia que se puede establecer entre las tres curvas de producción es el largo de lactancia que el nivel

tecnológico bajo no supera los 305 d en producción, en cambio las curva de los niveles tecnológicos medio y alto superan los 305 d.

La posible causa de la interacción del nivel tecnológico por época de parto, para PLT en el nivel tecnológico alto durante lluvias, puede deberse al tipo de alojamiento y los sistemas de alimentación. El mayor estrés que sufren las vacas durante las lluvias causado por estar confinadas en las instalaciones mayor tiempo, se pone de manifiesto por los mayores problemas sanitarios (limpieza y aseo de las instalaciones), resultando en una mayor incidencia de mastitis y laminitis, repercutiendo directamente sobre la PLT. Esto no ocurre con las vacas del nivel tecnológico medio, debido a que las vacas no están confinadas completamente en las instalaciones, las cuales son llevadas durante algunas horas del día a áreas de pastoreo durante las lluvias, lo que les permite consumir pastos y disminuir el estrés del confinamiento. Por otro lado, el cambio del sistema de alimentación (en lluvias pastoreo y en seca suplementación) en el nivel bajo no aumenta la oferta alimenticia como sucede con las vacas del nivel medio, lo que produce poca variación en la PLT. Se ha reportado (García y Holmes, 2001) que durante la época seca la PLT fue menor que durante la época de lluvias, lo cual coincide con el comportamiento de la PLT en el nivel tecnológico medio, pero difiere con comportamiento en el nivel tecnológico bajo, debido a que no hay incremento de la PLT en ambas épocas. También, se ha reportado (Wood, 1972; Keown *et al.*, 1986)^{28,30} que en animales en confinamiento, con poca variación en la alimentación, los parámetros de la curva no eran afectados por la estación del año y presentan poca variación en su producción. Lo anterior no coincide con el comportamiento de la PLT en el nivel tecnológico alto debido a que las condiciones de confinamiento se deterioran durante las lluvias existiendo mayor estrés lo que disminuye la PLT.

La menor PLT de las vacas de primer parto puede explicarse al hecho de que éstas no han alcanzado completamente su desarrollo, y destinan una buena parte del alimento para su crecimiento y el desarrollo del tejido mamario, por lo que la proporción del alimento destinado a producción de leche es menor. Se menciona (Eicker *et al.*, 1996) que cuando la vaca alcanza su completo desarrollo el aporte del alimento es mayor a la producción de leche produciéndose un incremento en la PLT. Los resultados obtenidos para vacas de primer parto coinciden en lo expresado anteriormente.

El menor valor en el comportamiento de los DPP en el nivel tecnológico medio se explica por la mayor proporción de vacas adultas (55.4%), difiere a las proporciones que presentan los niveles bajo (45.5%) y alto (29.5%), lo que disminuye el DPP promedio para este nivel tecnológico. En algunos trabajos se ha establecido un rango entre los 40 y 70 d posparto en que se manifiesta el pico de producción (Wood, 1980; Rowlands *et al.*, 1982; Keown *et al.*, 1986). Los resultados obtenidos en los niveles tecnológicos no difieren de este rango. El efecto de la interacción del nivel tecnológico con año de parto, demostró que el nivel tecnológico bajo es más dependiente de las variaciones de manejo, alimentación y ambiente. Estas variaciones no se observan en los niveles medio y alto, debido a su menor dependencia a estos cambios como ocurre en el nivel bajo. Al respecto se han reportado (Ferris *et al.*, 1985) efectos significativos del año de parto sobre la duración de la lactancia, pero no sobre DPP. Otros trabajos reportan (Wood, 1972; Keown *et al.*, 1986) no haber encontrado efectos significativos ($P>0.05$) sobre DPP solamente sobre la producción de leche.

El mayor valor para DPP en vacas de primer parto, se debe a que los animales no han completado su desarrollo, lo que provoca que la máxima producción de leche se exprese en mayor tiempo que en vacas completamente desarrolladas y con una mayor capacidad de producción, que a su vez presentan un pico de producción en menor tiempo. Estos resultados concuerdan con lo reportado en otro trabajo (Rowlands *et al.*, 1982) donde los DPP de vacas de primer parto se presenta 3 semanas más tarde en comparación a las vacas de segundo parto que lo alcanzan entre las 6-8 semanas.

La mayor PP que presentó el nivel tecnológico alto durante la época seca, es debida al menor estrés que sufren las vacas dentro de las instalaciones producto de una mejor limpieza y una menor humedad que se relacionan con una menor incidencia de enfermedades, no afectando la producción de leche, todo lo contrario de lo que ocurre durante la época de lluvias. La PP de las vacas del nivel tecnológico medio durante la época de lluvias se incrementa por el aporte nutricional que se produce producto del pastoreo de agostaderos, en cambio en el nivel tecnológico bajo no se presentó este efecto, ya que sólo es cambio del tipo de alimentación, por lo que el pico de producción es muy similar en ambas épocas. El comportamiento de la PP del nivel tecnológico alto difiere de lo reportado (Schneeberger, 1981) ya que se obtuvo el mayor pico de producción en vacas paridas durante el invierno que en vacas paridas en verano. Lo anterior coincide con el comportamiento de la PP en el nivel tecnológico medio. La PP de las vacas de primer parto fue menor que en los partos subsiguientes, este comportamiento tiene su fundamento en que los animales jóvenes producen, aproximadamente el 75% de la producción de una vaca adulta, y entre el tercer y cuarto parto producen, aproximadamente entre el 92 y 98% de la

producción total que es cuando alcanzan su máximo desarrollo y es cuando se obtienen los mayores picos de producción (McDowell *et al.*, 1975).

La mayor persistencia en el nivel tecnológico bajo, se presentó durante la época seca no coincidiendo con lo reportado (Schneeberger, 1981; Strandberg y Lundberg, 1991), la no diferencia entre épocas en los niveles tecnológicos medio y alto, se debe a una menor variación, en la oferta alimenticia, la cual es más estable durante todo el año, a diferencia del nivel tecnológico bajo, la cual es de mejor calidad en secas por el uso de alimentos concentrados que durante las lluvias, donde la alimentación se basa exclusivamente en pastoreo de agostaderos. Otro factor a considerar es la estacionalidad de la producción producto del uso de la monta natural y consecuentemente de las pariciones en el nivel tecnológico bajo, mientras que en los niveles tecnológicos medio y alto, predomina el uso de la inseminación artificial.

De igual manera el nivel tecnológico bajo presentó las mayores variaciones por año sobre persistencia. Esta variabilidad es producto de la mayor dependencia a las influencias ambientales que se presentaron a través de los años y que no fue manifiesta en los niveles tecnológicos medio y alto por su menor dependencia a estos cambios.

La mayor persistencia de la curva de lactancia de vacas de primer parto se debe al pico de producción más bajo, el cual se alcanza en mayor tiempo que en lactancias posteriores, por lo que la tasa de caída de la curva de lactancia es más lenta. Esto coincide con lo señalado (Wood, 1967; Wood, 1980; Dekkers *et al.*, 1988) de que las vacas de primera lactancia son más persistentes que en lactancias posteriores.

CONCLUSIONES

El comportamiento reproductivo es diferente entre los niveles tecnológicos. Las agroempresas pertenecientes al nivel tecnológico bajo presentan generalmente, un mejor comportamiento reproductivo.

La mayor variabilidad para días al pico de producción, y persistencia entre años es mayor en agroempresas del nivel tecnológico bajo que en los otros dos niveles, lo que sugiere que en el nivel tecnológico bajo, la oferta de nutrimentos depende en mayor grado de las variaciones ambientales.

Las vacas en el nivel tecnológico alto que paren en época de lluvias, sufren mayor estrés, debido, a las condiciones de estabulación y presentan una menor producción al pico y producción de leche total que las que paren en época de secas. Por el contrario, las vacas en el nivel tecnológico medio, debido a la combinación de estabulación y pastoreo en la época de lluvias, tienen menor estrés y mejor oferta de alimentación, por lo que su producción al pico y producción de leche total es mayor que en la época de secas.

La producción de leche y el comportamiento reproductivo de las vacas están asociados con el nivel tecnológico de las agroempresas, observando una relación inversa entre estas variables.

Las estrategias en materia de asesoría técnica, financiamiento, e investigación, deben considerar las diferencias en desarrollo tecnológico de las agroempresas dentro del sistema de lechería familiar.

LITERATURA CITADA

- AGROPEC Star 1996. Software para el manejo integral de agroempresas o sistemas de producción agropecuarios. Disponible en URL <http://www.agropecstar.com/index.htm>.
- Bach, A. 2001. La reproducción del vacuno lechero. Nutrición y fisiología. *In*: XVII Curso de especialización FEDNA. 5:1-24.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal. Los Municipios de Jalisco 1988. (Col. Enciclopedia de los municipios de México). Secretaría de Gobernación/Gobierno del Estado de Jalisco/ Centro Nacional de Desarrollo Municipal/Centro Estatal de Estudios Municipales de Jalisco. Secretaría de Gobernación, México (D. F.). Disponible en URL <http://www.e-local.gob.mx/enciclo/jalisco/mpios/140019.htm>.
- Cervantes E., F., C. H. Santoyo, M. A. Álvarez. 2001. Lechería Familiar, factores de éxito para el negocio. UACH/CIESTAAM-PIAI/CONACYT, 1ra. Ed. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Dekkers J., C. M., J. H. Ten Hag, and A. Weersink. 1988. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*. 53:237-252.
- Eicker, S. W., Y. T. Gröhn, and J. A. Herth. 1996. The association between cumulative milk yield, day open, and days to first breeding in New York Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 79:235-241.
- Ferris, T. A., I. L. Mao, and C. R. Anderson. 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 68:1438-1448.
- FIRA. 2001. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. *Boletín informativo*. 33(317):92-131.
- García, S. C., and C. W. Holmes. 2001. Lactation curves of autumn-and spring-calved cows in a pasture-based dairy system. *Livestock Production Science*. 68:189-203.
- Gasque G. R., 1987. *Zootecnia lechera concreta*. CECSA. México.
- Gutiérrez H., S. 1994. Efectos ambientales sobre los coeficientes de la ecuación de Wood y los componentes de la curva de producción de leche en vacas Holstein. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo de México. 92 pp.
- Herrera, D. 1998. Metodología para la elaboración de tipología de actores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- Keown, J. F., R. W. Everett, N. B. Empet, L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. *Journal of Dairy Science*. 69:769-781.

- Lara-Covarrubias, D., J. S. Mora-Flores, M. A. Martínez-Damián, G. García-Delgado, J. M. Omaña-Silvestre, J. Gallegos-Sánchez. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*. 37:85-94.
- Linn J. 2001. Necesidades nutricionales del ganado vacuno lechero. Resumen de las normas del NRC-2001. *In: XVII Curso de especialización FEDNA*. 1:1-24.
- McDowell, R. E. J. K. Camoens, D. G. St. Louis, E. Cabello F. y E. Christensen. 1975. Factors for standardizing lactation records made by Holstein-Friesians in México for age and month of calving AS/CAD. Mimeo. 2-75.
- Muñoz, R. C. R. 1996. Evaluación reproductiva del hato lechero. *Holstein de México*. 27:6.
- McClure, T. J. 1994. Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Neter J, M. H. Kutner, C. J. Natchtsheim, W. Wasserman. 1996. *Applied linear statistical models*. 4th ed. Chicago (ILL): Times Mirror Higher Education Group.
- Odermatt, P., M. J. Santiago. 1997. Ventajas comparativas e incentivo político a la producción de leche en México, *Comercio Exterior*, México. 47(12):955-961.
- Ortiz O., J. R. 1989. Fuentes de variación ambiental que afectan la producción de leche y el intervalo entre partos en vacas Holstein. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México.
- Reksen O., A. Tverdal, and E. Ropstad. 1999. A comparative study of reproductive performance in organic and convencional dairy husbandry. *Journal of Dairy Science*. 82:2605-2610.
- Rowlands, G. J., S. Lucey, and A. M. Russell. 1982. Comparison of different models of the lactation curve in dairy cattle. *Animal Production* 35:135-144.
- Ruiz F., A. 1989. Parámetros genéticos para producción de leche, intervalo entre partos y producción de leche por día interparto en ganado Holstein. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 78 pp.
- SAGAR. 2000. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Dirección General de Ganadería. SAGAR. México. 66 pp. Disponible en URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf>.
- Sánchez P., M. A. 1985. El sistema socioeconómico de la producción de leche en los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional), Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. México. 149 PP.
- SAS. SAS/STAT. 2001. User's guide. (Release 8.2) Cary (NC): SAS Institute Inc.

- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of Lactation Curve in Swiss Brown Cattle, *Journal of Dairy Science*. 64:475-483.
- Strandberg, E. and C. Lundberg. 1991. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Animal Production*. 53:399-402.
- Valencia R., J., H. I. Velasco. 2000. Factores que influyen sobre la productividad en las explotaciones de lechería familiar en la parte sur de los Altos de Jalisco. (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México.
- Vega A., J. E., E. G. Zárate. 1984. Evaluación del estado reproductivo de seis establos lecheros de la comarca Lagunera (Tesis Profesional). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, (Edo. de México), México. 95 pp.
- Wattiaux, M. A. 1995. Esenciales lecheras. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin, Madison, Wisconsin. 37-52. Disponible en URL http://www.babcock.cals.wisc.edu/spanish/de/dairy_essentials_sp_spn.html.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. 216:164-165.
- Wood, P. D. P. 1972. A note on seasonal fluctuations in milk production. *Anim. Prod.*. 15:89-92.
- Wood, P. D. P. 1980. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Anim. Prod.* 31:131-141.