

Universidad Nacional
Sistema de Estudios de Posgrado
Posgrado en Ciencias Veterinarias Tropicales
Maestría en Producción Animal Sostenible



**FACTORES QUE AFECTAN LA EDAD AL PRIMER PARTO Y LA
PRODUCCIÓN DE LA PRIMERA LACTANCIA, EN VACAS DE HATOS
LECHEROS ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA, DURANTE LOS AÑOS
2013 AL 2015.**

Gloriana Castillo Badilla

Heredia, 2018

**Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado Regional en
Ciencias Veterinarias Tropicales para optar al grado de *Magister Scientiae* con énfasis
en Producción Animal Sostenible**

**FACTORES QUE AFECTAN LA EDAD AL PRIMER PARTO Y LA
PRODUCCIÓN DE LA PRIMERA LACTANCIA, EN VACAS DE HATOS
LECHEROS ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA, DURANTE LOS AÑOS
2013 AL 2015.**

Gloriana Castillo Badilla

**Tesis presentada para optar al grado de Magíster Scientiae en Producción Animal
Sostenible cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de
Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Representante del Consejo Central de Posgrado

Sandra Estrada König, M.Sc.
Directora PCVET

Juan José Romero Zúñiga, Ph.D.
Tutor

Bernardo Vargas Leitón, Ph.D.
Asesor

Frank Hueckmann Vos, Ph. D.
Asesor

Gloriana Castillo Badilla
Sustentante

RESUMEN GENERAL

Se determina el efecto de los factores de animal y ambiente, sobre la edad al primer parto (EPP) y la producción de la primera lactancia (PPL), en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante el período comprendido entre los años 2013 al 2015.

El primer estudio consiste en una cohorte retrospectivo para cuantificar el efecto de variables de animal y ambiente, modificables y no modificables, sobre la edad al primer parto. Se incluye 2.980 animales de razas Jersey y Holstein que presentan su primer parto entre los años 2013 y 2015; pertenecientes a 22 hatos lecheros especializados, ubicados en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica, con datos en el programa VAMPP Bovino. Se analiza los datos mediante estadística descriptiva y un modelo lineal generalizado para la variable dependiente. La EPP promedio, para los animales en estudio, es 27.4 meses (± 4.7). Variables no modificables del individuo, como la raza, presentan efectos significativos en la EPP, con valores de 30.1 (IC95%: 29.8-30.4) y 28.4 meses (IC95%: 28.1-28.8; $P < 0.001$) en la raza Holstein y Jersey, respectivamente. Por otra parte, se determina un efecto significativo de la variable modificable de manejo ($P < 0.0001$), en la cual, las fincas con protocolos de alta calidad de crianza de terneras presentaron EPP de 27.6 meses (IC95%: 27.2-28.0), a diferencia de las fincas con bajo desarrollo de reemplazos (EPP: 30.2; IC95%: 29.8-30.6). Esta tendencia se mantuvo, tanto en el análisis de la variable de manejo de forma independiente, como en asociación con raza y finca, en donde la eficiencia de las técnicas de crianza se refleja en mejores valores de EPP.

El segundo estudio, también, corresponde a una cohorte retrospectivo. Se utiliza 2.747 animales, con las mismas características del caso anterior. La PPL promedio, a 305 días, para los animales en estudio, es 5485.8 kg (± 1547.8). Variables no modificables del individuo, como la raza, presenta efectos significativos sobre la PPL, con valores de 5360.1 kg (IC95%: 5158.2-5562.1) y 4694.1 kg (IC95%: 4578.5-4809.7) en la raza Holstein y Jersey, respectivamente. Asimismo, se observa una tendencia a incrementar los niveles de producción conforme se aumenta la edad al primer parto hasta los 26 meses ($P < 0.001$), después de lo cual se mantiene estable. Por otra parte, se determina un efecto significativo

de la variable modificable de manejo ($P < 0.0001$); fincas con protocolos de alta calidad de crianza de terneras produjeron 213.9 kg (PPL: 5809.0; IC95%: 5570.6-6047.4) más de leche, en su primera lactancia, que las novillas con una crianza media y 1133.7 kg más que las de sistemas de baja calidad de manejo (PPL: 4676.3; IC95%: 4158.3-5194.3). Estos resultados evidencian la influencia que tienen las estrategias de crianza de terneras sobre el rendimiento productivo posterior del animal en sistemas tropicales, principalmente la variable de manejo sanitario, la cual, presenta mayor peso sobre los parámetros reproductivos de una novilla.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this work was to quantify the effect of animal and environmental factors on age at first calving (AFC) and first lactation milk yield (FLM), of cows belonging to specialized dairy herds from Costa Rica., during the 2013-2014 periods.

The first chapter consisted in a cohort retrospective study was carried out to quantify the effect of the animal and environmental factors, modifiable and non-modifiable, on age at first calving. A total of 2980 Jersey and Holstein cows with AFC in the period between 2013 and 2015 were included in the study, belonging to 22 specialized dairy herds located in different ecological zones of Costa Rica, with data in the Bovine VAMPP program. All data in the present research, was analyzed by descriptive analysis and a generalized linear model. The average AFC for the animals in the present study was 27.4 months (± 4.7). Non modifiable variables, like breed, had significant effect over AFC, with 30.1 (CI95%: 29.8-30.4) and 28.4 months (CI 95%: 28.1-28.8) for Holstein and Jersey respectively. Furthermore, the results showed a significant effect of management as a modifiable variable ($P < 0.0001$) revealing that farms with high quality calf rearing protocols had AFC of 27.6 months (CI95%: 27.2-28.0), contrary to low quality systems (AFC: 30.2; CI95%: 29.8-30.6). This tendency was consistent whether the management variable was included as independent in the model or associated to breed and herd factors, where high efficiency in calf rearing reflects into better values of AFC.

The second chapter also corresponded to a cohort retrospective study, using 2747 cows of the same characteristics of the first chapter. The average FLM at 305 days for the animals in the present study was 5485.8 kg (± 1547.8). Non modifiable variables, like breed, had significant effect over FLM, with 5360.1 kg (CI95%: 5158.2-5562.1) and 4694.1 (CI95%: 4578.5-4809.7; $P < 0.001$) for Holstein and Jersey respectively. AFC had a significant effect over FLM, were a tendency to increased milk production with higher AFC was found until 26mo of AFC, after that milk yield remain stable ($P < 0.001$).

Furthermore, the results showed a significant effect of management as a modifiable variable ($P < 0.0001$) revealing that farms with high quality calf rearing protocols produced

213.9 kg (FML: 5809.0; CI95%: 5570.6-6047.7) more milk in their first lactation than heifers raised under medium quality rearing and 1133.7 kg more milk than animals from low quality rearing programs (FML: 4676.3; CI95%: 4158.3-5194.3). These results show that rearing factors affect the productive life time of dairy cows under tropical conditions.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque, a pesar de las dificultades, me sostuvo hasta el final.

Al proyecto CRIPAS y MedPob, por hacer posible esta tesis, al brindarme la base de datos para la realización del estudio.

A Jotas, por estar a cada paso conmigo, porque sin su ayuda nada de esto habría sido posible. Gracias por el voto de confianza, por animarse a continuar conmigo en esta línea de investigación. Mil gracias por la paciencia, los consejos, apoyo y dedicación durante todo este proceso. Como siempre, es un honor trabajar juntos.

Al Dr. Bernardo Vargas, tanto como parte del comité asesor de esta tesis, como por todo su esfuerzo y esmero durante la maestría. Gracias por la paciencia, dedicación y enseñanzas durante el proceso. Espero poner todos los conocimientos adquiridos en práctica. De corazón, muchas gracias.

Al Dr. Frank Hueckmann, por su anuencia a colaborar con el proyecto.

A todo el personal del PCVET, de forma especial a María Arias, por su colaboración durante el proceso de estudio.

A la Dra. Nancy Astorga, y a la Dra. Sandra Estrada, por el apoyo para optar por esta maestría, tanto desde la Escuela de Medicina Veterinaria, como el Posgrado Regional de Ciencias Veterinarias Tropicales.

DEDICATORIA

A Die, por la paciencia, el amor y el apoyo que me brinda en cada paso que tomo. Te amo.

A mi familia, por enseñarme a “echar siempre para adelante”; los quiero con todo el corazón.

A Caro, por ser compañera, colega y amiga. Todo este proceso no hubiera sido lo mismo sin usted.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN GENERAL	IV
GENERAL ABSTRACT	VI
AGRADECIMIENTOS	VIII
DEDICATORIA	IX
LISTA DE CUADROS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
DESCRIPTORES.....	XV
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	XVI
1.1. Reseña de realidad nacional	XVII
1.2. Características del sistema de datos poblacionales a nivel local	XVIII
1.3. Características de los sistemas productivos.....	XIX
1.4. Edad al primer parto.....	XX
1.5. Producción de la primera lactancia	XXII
1.6. Variables modificables y no modificables	XXIV
LITERATURA CITADA.....	XXIV
OBJETIVO GENERAL	XXVIII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XXVIII
CAPÍTULO 1	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. POBLACIÓN Y DISEÑO DEL ESTUDIO.....	5
2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	5
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
5. LITERATURA CITADA.....	26
CAPÍTULO 2	31

RESUMEN.....	32
ABSTRACT.....	32
2. MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. DISEÑO Y POBLACIÓN DEL ESTUDIO.....	35
2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	35
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4. CONCLUSIONES	53
5. LITERATURA CITADA.....	54
CONCLUSIONES GENERALES	XX
RECOMENDACIONES GENERALES.....	XXI
ANEXO 1.....	XXII

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I.

Cuadro 1.	Descripción de las variables de animal no modificables.....	6
Cuadro 2.	Puntuaciones asignadas, por categoría, de las variables de manejo asociadas a las áreas de salud, alojamiento y alimentación.....	8
Cuadro 3.	Estadísticas descriptivas de las variables de rendimiento reproductivo.....	10
Cuadro 4.	Medias marginales (e intervalos de confianza 95%) de edad a primer parto (EPP, días) para los distintos estratos de las variables de animal y ambiente.....	12
Cuadro 5.	Frecuencias absolutas y relativas (%) de fincas y animales, según variables de salud, alojamiento y alimentación: y, según manejo global, en fincas lecheras especializadas de Costa Rica.....	16

CAPÍTULO II.

Cuadro 1.	Descripción de las variables de animal, modificables y no modificables.....	36
Cuadro 2.	Puntuaciones asignadas, por categoría, de las variables de manejo asociadas a las áreas de Salud, Alojamiento y Alimentación.....	37
Cuadro 3.	Medias marginales (e intervalos de confianza 95%) de Edad a Primer Parto (EPP, días) para los distintos estratos de las variables de animal y ambiente.....	42
Cuadro 4.	Frecuencias absolutas y relativas (%) de fincas y animales, según variables de salud, alojamiento y alimentación; y, según manejo global, en fincas lecheras especializadas de Costa Rica.....	47

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I.

Figura 1.	Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Edad a Primer Parto (Escala logarítmica) en grupos de fincas con nivel de manejo Alto, Medio y Bajo.....	18
Figura 2.	Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) según raza (Jersey y Holstein) y categoría de manejo global (Alto, medio y bajo).....	22
Figura 3.	Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) en fincas con raza Holstein agrupadas según nivel de manejo (Alto, medio, bajo).....	23
Figura 4.	Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) en fincas con raza Jersey agrupadas según nivel de manejo (Alto, medio, bajo).....	24

CAPÍTULO II.

Figura 1.	Distribución de los valores de producción, de la primera lactancia, según hato.....	40
Figura 2.	Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Producción de la primera lactancia según categoría de Edad a Primer Parto (meses).....	44
Figura 3.	Medias marginales e intervalo de confianza 95% para la interacción de la variable de EPP con la raza (Jersey y Holstein).....	45
Figura 4.	Medias marginales e intervalo de confianza 95% para la interacción de la variable de manejo global (alto, medio y bajo) con la raza (Jersey y Holstein).....	49
Figura 5.	Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Producción de la Primera Lactancia en fincas con raza Holstein agrupadas según nivel de manejo (Alto, medio, bajo).....	51
Figura 6.	Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Producción de la Primera Lactancia en fincas con raza Jersey agrupadas según nivel de manejo (alto, medio, bajo).....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

EPP:	Edad al primer parto.
VAMPP:	Programa Veterinario Automatizado para el Manejo y control de la Producción (Veterinary Automated Management Production and control Program)
CRIPAS:	Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible.
MedPob:	Programa de Investigación en Medicina Poblacional.
RMF:	Retención de membranas fetales.
IPCC:	Intervalo primer celo-concepción.
SPC:	Servicios por concepción.
PPL:	Producción de la primera lactancia.
n:	Tamaño de la muestra.
DE:	Desviación estándar
E.E:	Error estándar.

DESCRIPTORES

Variables modificables

Variables no modificables

Lechería

Sistemas de crianza de reemplazos

Desempeño reproductivo

Manejo

Salud

Edad a primer parto

Producción

INTRODUCCIÓN GENERAL

El método de crianza y manejo que se brinda, a una ternera, determina la vaca productora del futuro. Esto implica que las técnicas de nutrición y alimentación, así como los eventos de salud, que afectaron al animal durante su período de desarrollo, afecta de manera directa el momento en el cual la hembra está lista para el inicio de su vida productiva y la longevidad dentro del hato. (Le Cozler et al., 2008; Brickell y Wathes, 2011).

El tiempo que transcurre, desde el nacimiento a la edad al primer parto (EPP), es una de las inversiones más elevadas dentro de los sistemas de producción de leche, corresponde, aproximadamente, al 20% del total de costos del sistema (Salazar-Carranza et al., 2014). En muchos casos, el productor desconoce el impacto que tienen las técnicas de crianza y desarrollo sobre los niveles de producción y reproducción posteriores; por ello, se cometen errores que afectan, de forma directa, el rendimiento de ese animal dentro del hato. (Le Cozler et al., 2008).

Estudios realizados evidencian la estrecha relación entre la EPP y la PPL de un bovino bajo condiciones tropicales, en los cuales se determina que existen factores que producen variaciones en la EPP; los cuales incluyen el año y época de nacimiento, las características genéticas establecidas por el grupo racial, el índice de endogamia o la locación donde se encuentra el animal. (Casas y Tewolde, 2001; Zanton and Heinrichs, 2005; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013, 2014). Sin embargo, estos estudios no contemplan condiciones de manejo tales como: el tamaño del hato, condiciones de crianza y protocolos de salud. De ahí, la necesidad de conocer el efecto del conjunto de factores del individuo y ambiente sobre la EPP y PL posterior, enfocado en la primera lactancia. (Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2014).

Medidas de manejo y crianza adecuadas pueden garantizar una velocidad de crecimiento, edad y peso al parto ideal, según su potencial genético. Se espera que este desarrollo influya, de manera positiva, sobre la subsecuente producción de leche. (Solano Patiño y Vargas Leitón, 1997; Ettema y Santos, 2004).

En el trópico, los sistemas de producción de leche están limitados, en su nivel de producción, por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio tropical afectan, de manera considerable, el comportamiento productivo de las vacas lecheras, disminuyendo su producción y condicionando el manejo de los animales; lo cual, limita la expresión del potencial genético. En estas premisas, radica la importancia de enfocarse en un desarrollo óptimo de los animales productores de leche, para poder utilizar su máximo potencial, a pesar de tener condiciones climáticas adversas. (Heinrichs et al., 2005b).

En este estudio se analiza el efecto que producen, la sumatoria de las variables anteriores, sobre la EPP y la PL, junto con el tipo de manejo al cual se somete el animal, desde el período de gestación del animal, nacimiento, crianza y desarrollo hasta su primer parto, al evaluar aspectos de alojamiento, alimentación y control sanitario.

La finalidad del estudio consiste en brindar la información necesaria a los productores para identificar factores que pueden influenciar el rendimiento posterior del animal, de modo que obtengan mejores beneficios en una producción total y una mejor vida productiva, a través de un manejo adecuado de sus reemplazos.

1.1. Reseña de realidad nacional

Según datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2015), Costa Rica cuenta con una población de ganado vacuno de 1 278 817 cabezas, de las cuales, 327 130 (25.6%) corresponden a animales destinados a la producción de leche, ubicadas a lo largo del país. A nivel geográfico, se puede ubicar la mayor cantidad de estos sistemas pecuarios en las provincias de Alajuela, Cartago, Guanacaste y San José, respectivamente (INEC, 2015).

Por otra parte, el sector lechero ha presentado un crecimiento del 7% anual, desde 1980, aportando el 11% del total generado por el sector agropecuario (Muñoz y Zamora, 2013). Según datos de PROCOMER (2014), la industria láctea, en Costa Rica, generó \$145 millones de dólares en el 2014. Asimismo, la exportación de leche concentrada y nata

correspondió al 17.3% del total de productos dentro del sector pecuario y pesca (PROCOMER, 2014).

Estas cifras exponen el continuo crecimiento del sector lácteo en Costa Rica. Ratifican la importancia de la mejora de los parámetros productivos y reproductivos en las fincas, para poder garantizar eficiencia y rentabilidad en los sistemas pecuarios.

1.2. Características del sistema de datos poblacionales a nivel local

Una de las herramientas que aporta la mayor cantidad de información, para el manejo de fincas y el desarrollo de proyectos de investigación, es el programa VAMPP (Veterinary Automated Management and Production Control Program). Dicho software fue introducido en 1986 en Costa Rica, como producto del intercambio de la Escuela de Medicina Veterinaria UNA (Costa Rica) y la Universidad de Utrecht (Holanda). Este software se ha utilizado como herramienta para promover un enfoque de Salud de Hato y Control de la Producción. También, poder utilizar metodologías y herramientas para el manejo y generación de información (Romero et al., 2011).

El VAMPP es un apoyo para la toma de decisiones en los sistemas de producción bovina, para incrementar la rentabilidad y eficiencia productiva, pues tiene una gran capacidad de análisis de datos, colaborando en el manejo de registros productivos y de salud de hato en más de 1650 sistemas de producción ganadera de leche, carne, cría y doble propósito en Costa Rica, Centro América, Colombia, Chile y Bolivia.

Además, cuenta con el apoyo del Centro Regional de Investigación para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), ente encargado de administrar, actualizar y comercializar el programa VAMPP (Romero et al., 2011). CRIPAS forma parte de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica. Cuenta con la colaboración de expertos en las áreas de epidemiología, producción animal, reproducción, entre otros. El objetivo principal, de este centro, es la formación del recurso humano. Además, del asesoramiento en el área de salud de hato y control de producción animal, procesos de generación, almacenaje, análisis, interpretación; así como la enseñanza de la

utilización de la información necesaria en el manejo y control de la producción. (Romero et al., 2011).

Históricamente, la recolección de datos, a nivel de finca, se ha incluido en el programa VAMPP. Este tiene aplicación para sistemas productivos lecheros desde los años 80 (Noordhuizen y Buurman, 1984a). La recolección, digitación, y análisis de datos se realiza gracias a la colaboración de: propietarios, encargados, técnicos, profesionales e investigadores, que permiten la generación de información útil y oportuna para la toma de decisiones, en procura de la optimización de la eficiencia productiva en los hatos de estudio.

1.3. Características de los sistemas productivos

Los hatos lecheros de Costa Rica se ubican, principalmente, en zonas que van desde los 500 hasta los 2500 msnm, con temperaturas promedio que oscilan entre los 18 y 30°C. Con niveles de precipitación que van desde los 500 hasta 3500 mm por año. La mayoría de los hatos costarricenses se encuentran ubicados dentro de las zonas de vida bosque muy húmedo o bosque húmedo (Holdridge, 1987). Tradicionalmente, los sistemas de producción de leche, en Costa Rica, se han clasificado en tres grupos: las lecherías especializadas de altura, las lecherías especializadas de bajura y los hatos de doble propósito (Vargas Leitón et al., 2013).

Asimismo, los sistemas también se clasifican, según el tipo de manejo en: estabulado, semiestabulado o pastoreo. En Costa Rica, los sistemas semi-estabulados y estabulados han venido proliferando, a pesar de la alta dependencia del pastoreo. (Vargas Leitón et al., 2013) Predominan los sistemas de pastoreo, cuando la dependencia al concentrado es menor que en los otros sistemas.

Actualmente, se reporta que las lecherías especializadas, extensivas de bajura, corresponden al grupo mayor, dentro de los sistemas de producción de leche, con un 34.4% de los hatos productivos (Vargas Leitón et al., 2013; INEC, 2015). Los hatos, de esta categoría, se caracterizan por estar ubicadas en suelos de tipo andisol o inceptisol, en zonas medias y bajas de San Carlos, Upala y Sarapiquí, donde las temperaturas son altas y las

precipitaciones cercanas a los 4000 mms anuales. En estos sistemas predomina el pastoreo, y tienen una menor dependencia del concentrado y suplementos por hectárea. Sin embargo, la producción, en estos sistemas, es menor que en los de altura; presentan mayor conteo de células somáticas y conteos bacterianos, posiblemente asociados a la humedad y temperatura. (Vargas Leitón et al., 2013). En el caso de las lecherías especializadas de altura, se encuentra explotaciones con mayor nivel de tecnificación; hacen uso de los forrajes de corta. Cuentan con un número importante de explotaciones estabuladas o semi-estabuladas. Se caracterizan por niveles de producción más elevada y calidad de leche, con base en conteo bacteriano y conteo de células somáticas menor, en comparación con los sistemas de bajura (Vargas Leitón et al., 2013).

La mayor parte de los hatos lecheros se constituye de razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo, Guernsey y cruces de estos, incluyendo, en algunos casos, razas *Bos indicus*, como el caso de la raza Gyr.

1.4. Edad al primer parto

La EPP consiste en el tiempo que tarda un animal en alcanzar su madurez y reproducirse por primera vez (Hare et al., 2006). La EPP es considerada un parámetro primordial en programas de salud de hato. Se ve influenciada tanto por el tamaño corporal como por la actividad del sistema hormonal del animal (Salazar-Carranza et al., 2014). Se utiliza como indicador del desempeño reproductivo, dado que una avanzada edad constituye una limitante de importancia económica, debido a que el incremento, en el valor de este parámetro, implica un mayor costo durante la etapa de crianza del animal. Entre los factores que pueden incrementar EPP están: las fallas en el manejo de crianza, pobre tasa de crecimiento y problemas de fertilidad (Cooke et al., 2013). La disponibilidad de alimento, el tipo de manejo y los trastornos fisiológicos y patológicos que se presenten durante el periodo de crianza pueden afectar el desarrollo de un animal; por tanto, pueden retrasar la EPP (Castillo Badilla et al., 2013).

La decisión de iniciar la vida productiva de un animal se basa, principalmente, en el peso, tamaño corporal y edad. Los programas de crianza de hembras reemplazos tienen, como meta, que la edad al primer parto (EPP) promedio sea de 24 meses, dado que esto

implica una disminución en los costos de producción (Le Cozler et al., 2008). Estudios revelan que, en Costa Rica, bajo condiciones de manejo tropical, la EPP oscila entre los 27 y 30 meses de edad, dependiendo de la raza; en las cuales, razas como: Guernsey y Holstein, presentan EPP más elevadas; la raza Jersey el valor más bajo. Las variaciones se pueden asociar a factores de la madre, del individuo y el ambiente (Vargas-Leitón y Ulloa, 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013, 2014). A pesar de que el valor, en Costa Rica, se reporta más elevado que en otros países, se continúa con la premisa de dar inicio, a la vida reproductiva, a los 24 meses de vida; con el fin de disminuir los costos de producción durante el período de crianza.

Asimismo, se reporta que las razas de mayor tamaño, Holstein y Guernsey, presentan valores de EPP más altas; en comparación con las más pequeñas, como la Jersey y sus cruces. Generalmente, las razas lecheras, de menor envergadura, presentan una menor edad a pubertad y, consecuentemente, una menor EPP; por el contrario, razas de mayor envergadura entran a pubertad más tardíamente y, por consiguiente, presentan mayores EPP (Vargas Leitón y Ulloa, 2008).

Sin embargo, en cuanto a metas de producción, la corta duración de la vida productiva de un animal, continúa siendo una lucha para los productores, limitando las oportunidades para realizar selección genética, al provocar pérdidas económicas y afectar, inclusive, el bienestar de los animales de la explotación (Brickell y Wathes, 2011).

La longevidad, dentro del hato, se calcula muchas veces a partir de la EPP. No obstante, es importante considerar los costos de alimentación, manejo, reproducción, salud y alojamiento durante el período de crianza. Animales con mejor manejo nutricional tendrán mejor desarrollo; por lo cual, iniciarán su vida reproductiva más rápido. Se reducirán los días no productivos (Brickell y Wathes, 2011). Por otra parte, se ha reportado que la EPP y la longevidad, dentro del hato, no presentan una relación lineal. Los animales con EPP, por encima de los 29 meses, tuvieron una vida productiva más larga que aquellas que parieron, por primera vez, a los 25 meses. Pero estas, a su vez, presentaron mayor longevidad que aquellas con EPP entre los 27-28 meses de edad (Hultgren et al., 2008). Estos aspectos evidencian la importancia del manejo y crianza de las terneras para

garantizar una mayor longevidad dentro del hato productivo, antes de relacionarlo, directamente, con un parámetro productivo de manera individual.

1.5. Producción de la primera lactancia

La relación que existe entre la EPP y la PPL ha sido ampliamente discutida. Se ha determinado que, aquellos animales con EPP entre los 26 y 30 meses, presentan aproximadamente 100 kg de leche menos en la producción a 305 días, al compararlos con aquellos que parieron, por primera vez, con más de 33 meses (Castillo-Badilla et al., 2013a; Salazar-Carranza et al., 2014; Coffey et al., 2016). Sin embargo, la edad y el peso corporal están estrechamente relacionados. La disminución de la producción posterior se puede deber no solo a una temprana EPP, sino también al estado general en el cual se encontraba el individuo en el momento de parto y el desarrollo glandular que este tuvo durante su período prepuberal (Le Cozler et al., 2008).

La genética, el tipo de alimentación y manejo de la vaca lactante, afecta la PPL, así como el efecto de la crianza de terneras, sobre el rendimiento productivo del animal, juega un rol importante dentro del sistema (Svensson y Hultgren, 2008). Existen efectos altamente significativos ($P < 0.01$) de los factores raza y zona agroecológica sobre la producción de leche durante los primeros 100 días de la primera lactancia (Vargas Leitón y Ulloa, 2008)

El sistema de crianza tiene un efecto significativo en la curva de lactancia. Abeni et al. (2012) reportan que aquellos animales con mejor balance de dieta, durante la crianza, más una EPP avanzada, llegan a tener un pico de producción de leche por encima de aquellas que sufrieron condiciones más adversas.

Existen diferencias considerables en el crecimiento, no sólo entre grupos raciales sino entre zonas agroecológicas. Es importante, sin embargo, establecer hasta qué punto estas diferencias, en crecimiento, puede afectar el rendimiento reproductivo al primer parto de las hembras lecheras. De acuerdo con diferentes estudios, existen efectos altamente significativos ($P < 0.01$) de los factores raza y zona agroecológica sobre la edad al primer

parto (Vargas Leitón y Ulloa, 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013).

Según estudios previos, realizados en Costa Rica, la EPP y la PPL, se ven afectadas de manera significativa ($P < 0.001$) por la zona ecológica, dado que, en regiones con menor altitud y mayor temperatura ambiental, se presentaron animales con menor producción. Es posible que este resultado se deba a que los individuos están sometidos a un entorno nutricional inadecuado. La calidad de forrajes no es la óptima, además del estrés calórico, que no permite el desarrollo adecuado de animales de raza europea, menos tolerantes a las altas temperaturas y la alta humedad relativa (Vargas Leitón y Ulloa, 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013).

Varios autores reportan una correlación significativa ($P < 0.001$) entre la ganancia de peso y la EPP. Krpálková et al. (2014) reportan que, a mayor ganancia de peso, menor es la EPP. Animales manejados en climas templados, con ganancias diarias promedio de 788 gramos, presentan una EPP 55 días más baja que aquellos con ganancias de peso bajas (Krpálková et al., 2014). Asimismo, Vargas Leitón y Ulloa (2008a) reportan una reducción en la EPP que oscila entre los 0.37 y 0.46 meses por cada kilogramo adicional de ganancia de peso mensual durante el primer año de crecimiento, entre los 12 y 20 meses de edad en diferentes razas de Costa Rica.

Esto se puede relacionar con el tipo de crianza a la cual se exponen los animales durante sus primeros meses, pues alteraciones, en el manejo sanitario o nutricional, pueden afectar, de manera directa, la EPP; posteriormente, la PPL. Se reporta que animales con una mejor ganancia de peso en la etapa de desarrollo, pueden presentar un mejor rendimiento en los primeros 100 días de la producción de la primera lactancia, al producir 47.9 kg más por cada kilogramo adicional de ganancia de peso mensual durante su primer año de crecimiento (Vargas Leitón y Ulloa, 2008).

Además, Heinrichs et al. (2005) determinan que la dificultad del parto de la madre, el uso de antibióticos, durante los primeros 4 meses de vida de la ternera, así como condiciones de manejo inadecuados (como altos niveles de amonio, temperatura y humedad), pueden incrementar la EPP. Los mismos autores determinan que, en condiciones

de pastoreo, forrajes nutricionalmente pobres, pueden aumentar la EPP (Heinrichs et al., 2005a).

Asimismo, la incidencia de enfermedad respiratoria, diarrea u onfaloflebitis, afecta el rendimiento productivo de la primera lactancia. Se incrementa la posibilidad de no concluir la primera lactancia ($P < 0.05$) en caso de haber padecido más de cuatro enfermedades respiratorias antes de su primer parto (Bach, 2011; Stanton et al., 2012). De igual manera, aquellos individuos con mayor incidencia de enfermedades en su período de crianza, presentan un incremento en el valor de la EPP (Bach, 2011).

1.6. Variables modificables y no modificables

El término de variables modificables y no modificables se ha empezado a utilizar, recientemente, como un concepto epidemiológico de mucha utilidad en estudios de clínicos humanos y, en menor número, para producción animal. Esta clasificación se utiliza para identificar los elementos que pueden ser controlados, modificados o tratados por el ser humano para obtener un beneficio en particular; por ejemplo, los patrones de la vida cotidiana, alojamiento, y crianza, con el fin de prevenir la aparición de una enfermedad (Mee et al., 2014; Ibekwe, 2015). Las variables no modificables corresponden a atributos intrínsecos del individuo, que no pueden ser alterados o ajustados. Por ejemplo: la edad, raza, genética, entre otros (Ibekwe, 2015).

LITERATURA CITADA

- Abeni, F., L. Calamari, L. Stefanini, y G. Pirlo. 2012. Effect of average daily gain on body size, metabolism, and milk production of Italian Holstein heifers raised on two different planes of nutrition and calving at two different ages. *Livest. Sci.* 149(1–2): 7–17.
- Bach, A. 2011. Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *J. Dairy Sci.* 94(2): 1052–1057.
- Brickell, J.S., y D.C. Wathes. 2011. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *J. Dairy Sci.* 94(4): 1831–1838.

- Casas, E., y A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. *Anim. Res.* 9(2): 63–67.
- Castillo-Badilla, G., M. Salazar-Carranza, J. Murillo-Herrera, y J. Romero-Zúñiga. 2013. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros productivos en vacas Jersey de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24(1): 177–187.
- Castillo Badilla, G., M. Salazar Carranza, J. Murillo Herrera, y J.J. Romero Zúñiga. 2013. Factores que afectan la edad al primer parto en vacas Jersey de lechería especializada en Costa Rica. *Rev. Ciencias Vet.* 29(1): 7–19.
- Coffey, E.L., B. Horan, R.D. Evans, y D.P. Berry. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *J. Dairy Sci.* 99(7): 5681–5689.
- Cooke, J.S., Z. Cheng, N.E. Bourne, y D.C. Wathes. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open J. Anim. Sci.* 3(1): 1–12.
- Le Cozler, Y., V. Lollivier, P. Lacasse, y C. Disenhaus. 2008. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal* 2(9): 1393–1404.
- Dwinger, R., E. Capella, E. Perez, y M. Baaijen. 1994. Application of a computerized herd management and production control program in Costa Rica. *Trop Agric v.* 71(1): 74–76.
- Ettema, J.F., y J.E.P. Santos. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci.* 87(8): 2730–2742.
- Hare, E., H.D. Norman, y J.R. Wright. 2006. Trends in Calving Ages and Calving Intervals for Dairy Cattle Breeds in the United States. *J. Dairy Sci* 89: 365–370.
- Heinrichs, A.J., B.S. Heinrichs, O. Harel, G.W. Rogers, y N.T. Place. 2005. A Prospective Study of Calf Factors Affecting Age, Body Size, and Body Condition Score at First Calving of Holstein Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 88(8): 2828–2835.
- Holdridge, L.R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida* /. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San Jose, Costa Rica .

- Hultgren, J., C. Svensson, D.O. Maizon, y P.A. Oltenacu. 2008. Rearing conditions, morbidity and breeding performance in dairy heifers in southwest Sweden. *Prev. Vet. Med.* 87(3–4): 244–260.
- Ibekwe, R. 2015. Modifiable Risk factors of Hypertension and Socio-demographic Profile in Oghara, Delta State; Prevalence and Correlates. *Ann. Med. Health Sci. Res.* 5(1): 71–77.
- INEC, I.N. de E. y C. 2015. VI Censo Nacional VI Censo Nacional Agropecuario.
- Krpálková, L., V.E. Cabrera, J. Kvapilík, J. Burdych, y P. Crump. 2014. Associations between age at first calving, rearing average daily weight gain, herd milk yield and dairy herd production, reproduction, and profitability. *J. Dairy Sci.* (97): 1–10.
- Mee, J.F., C. Sánchez-Miguel, y M. Doherty. 2014. Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *Vet. J.* 199(1): 19–23.
- Muñoz, J., y K. Zamora. 2013. MEIC: Caracterización del Sector Lácteo en Costa Rica.
- Noordhuizen, J.P., y J. Buurman. 1984. VAMPP: a veterinary automated management and production control programme for dairy farms (the application of MUMPS for data processing). *Vet. Q.* 6(2): 66–72.
- PROCOMER. 2014. Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2014. : 242–310.
- Romero, J., J. Rojas, y S. Estrada. 2011. El programa VAMPP Bovino, una herramienta para la toma de decisiones. *Vent. Leche.* (16): 4–10.
- Salazar-Carranza, M., G. Castillo-Badilla, J. Murillo-Herrera, F. Hueckmann-Voss, y J.J. Romero-Zúñiga. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24(2): 233–243.
- Salazar-Carranza, M., G. Castillo-Badilla, J. Murillo-Herrera, F. Hueckmann-Voss, y J.J. Romero-Zúñiga. 2014. Effect of Age at First Calving on First Lactation Milk Yield in Holstein Cows from Costa Rican Specialized Dairy Herds. *Open J. Vet. Med.* 4: 197–203.
- Solano-Patiño, C., y B. Vargas-Leitón. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica: Tipificación del crecimiento de novillas Holstein y Jersey. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 21–36.
- Stanton, L., D.F. Kelton, S.J. Leblanc, J. Wormuth, y K. Leslie. 2012. The effect of respiratory disease and a preventative antibiotic treatment on growth , survival , age at

- first calving , and milk production of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 57: 4950–4960.
- Svensson, C., y J. Hultgren. 2008. Associations between housing, management, and morbidity during rearing and subsequent first-lactation milk production of dairy cows in southwest Sweden. *J. Dairy Sci.* 91(4): 1510–1518.
- Vargas-Leitón, B., y J. Ulloa. 2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(7): 1–17.
- Vargas Leitón, B., O. Solís Guzmán, F. Saenz Segura, y H. León Higaldo. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agron. Mesoam.* 24(2): 257–275.
- Vargas Leitón, B., y J. Ulloa. 2008. Relación entre crecimiento y curvas de lactancia en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(8): 1–17.
- Zanton, G.I., y A.J. Heinrichs. 2005. Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production. *J. Dairy Sci.* 88(11): 3860–3867.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de los factores de animal y ambiente sobre la edad al primer parto y la producción de la primera lactancia, en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante el período entre los años 2013 al 2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Describir el efecto de los factores modificables y no modificables del animal sobre la edad, al primer parto, de vacas de lechería especializada.
- II. Identificar cómo afectan los factores modificables y no modificables del ambiente, la edad, al primer parto, en vacas de lechería especializada.
- III. Determinar el efecto de los factores modificables y no modificables del animal, sobre la producción de la primera lactancia.
- IV. Estimar el efecto de las variables ambientales modificables y no modificables sobre la producción de la primera lactancia, en vacas de lecherías especializadas de Costa Rica.

CAPÍTULO 1

FACTORES QUE AFECTAN LA EDAD, AL PRIMER PARTO, EN VACAS DE HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA, DURANTE LOS AÑOS 2013 AL 2015

Gloriana Castillo Badilla

RESUMEN

La edad al primer parto (EPP) corresponde a uno de los factores más importantes para medir la eficiencia productiva de los bovinos; a su vez, influye en el rendimiento reproductivo y la composición de la leche. Se realiza un estudio cohorte retrospectivo para cuantificar el efecto de variables de animal y ambiente, modificables y no modificables, sobre la edad al primer parto (EPP). Se incluye, en el estudio, un total de 2980 vacas de razas Jersey y Holstein que presentan su primer parto entre los años 2013 y 2015, pertenecientes a 22 hatos lecheros especializados, ubicados en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica, con datos en el programa VAMPP Bovino. Se analiza los datos mediante estadística descriptiva y un modelo lineal generalizado. La EPP promedio, para los animales en estudio, es 27.4 meses (± 4.7). Variables no modificables del individuo, como la raza, presentan efectos significativos en la EPP, con valores de 30.1 (IC95%: 29.8-30.4) y 28.4 meses (IC95%: 28.1-28.8; $P < 0.001$) en la raza Holstein y Jersey, respectivamente. Por otra parte, se determina un efecto significativo de la variable modificable de manejo ($P < 0.0001$), en aquellas fincas con protocolos de alta calidad de crianza de terneras, las cuales presentan EPP de 27.6 meses (IC95%: 27.2-28.0), a diferencia de las fincas con desarrollo pobre de reemplazos (EPP: 30.2; IC95%: 29.8-30.6). Esta tendencia se mantiene, tanto en el análisis de la variable de manejo de forma independiente, como en asociación con raza y finca. La eficiencia de las técnicas de crianza se refleja en mejores valores de EPP.

Palabras clave: *variables modificables, variables no modificables, sistemas de crianza, desempeño reproductivo, lechería.*

ABSTRACT

AFC correspond to one of the most important parameters to quantify the productive efficiency of bovines, because influences the productive performance and milk composition. A cohort retrospective study was carried out to quantify the effect of the animal and environmental factors, modifiable and non-modifiable, on age at first calving (AFC). A total of 2980 Jersey and Holstein cows with AFC in the period between 2013 and 2015 were included in the study, belonging to 22 specialized dairy herds located in different ecological zones of Costa Rica, with data in the Bovine VAMPP program. All

data in the present research, was analyzed by descriptive analysis and a generalized linear model. The average AFC for the animals in the present study was 27.4 months (\pm : 4.7). Non modifiable variables, like breed, had significant effect over AFC, with 30.1 (CI95%: 29.8-30.4) and 28.4 months (CI 95%: 28.1-28.8) for Holstein and Jersey respectively. Furthermore, the results showed a significant effect of management as a modifiable variable ($P < 0.0001$) revealing that farms with high quality calf rearing protocols had AFC of 27.63 months (CI95%: 27.24-28.03), contrary to poor quality systems (AFC: 30.20; CI95%: 29.83-30.57). This tendency was consistent whether the management variable was included as independent in the model or associated to breed and herd factors, where high efficiency in calf rearing reflects into better values of AFC.

Keywords: *Modifiable and non-modifiable variable, rearing systems, reproductive performance*

1. INTRODUCCIÓN

La edad al primer parto (EPP) consiste en el tiempo que tarda un animal en alcanzar su madurez y reproducirse por vez primera (Hare et al., 2006); por tanto, va a determinar el inicio de su etapa productiva. Este es uno de los factores más importantes para medir la eficiencia productiva de los bovinos, la cual, a su vez, influye en el rendimiento productivo y la composición de la leche (Nilforooshan y Edriss, 2004).

El promedio para la EPP, en países de clima templado, oscila entre los 24 y 26 meses (Pirlo et al., 2000). En el caso de Costa Rica, la EPP reportada, para animales Jersey (Castillo Badilla et al., 2013) y Holstein (Salazar-Carranza et al., 2013), corresponde a 29,6 (± 6.8) y 30.7 (± 6.8) meses, respectivamente. Este elevado valor se relaciona con las características climáticas de las zonas de producción de leche, así como a la deficiencia de productos nutricionales de alta calidad (Wing-Ching Jones et al., 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013).

Se ha determinado que la EPP tiene una estrecha relación con variables como: el peso, la edad y estatura de la novilla; así, por ejemplo, se espera que las hembras bovinas lleguen a su primer parto con el 85% de su peso corporal adulto (Brand et al., 1997; Ettema y

Santos, 2004). La tasa de crecimiento de una ternera y su peso vivo a la EPP, se puede considerar un punto de referencia sobre el manejo de una finca lechera. Al respecto, se ha documentado que, a menor peso vivo a la EPP, las posibilidades de presentar distocia o tener un menor rendimiento productivo se incrementan (Roche et al., 2015), por lo cual, el balance entre los tres factores es fundamental para obtener el máximo potencial de la hembra en el hato.

Las enfermedades, durante el período de crianza, pueden influir en la EPP y, a su vez, en la capacidad productora de un animal (Heinrichs et al., 2005). El tipo de manejo que se brinda a una ternera, durante sus primeros meses de vida, el tipo de alojamiento, las prácticas de salud y el tipo de alimentación, juegan un rol importante en la ocurrencia, gravedad y efectos posteriores de estas enfermedades (Lievaart et al., 2012).

En Costa Rica, se han conducido varios estudios sobre factores que afectan la EPP y, a su vez, el efecto de esta sobre parámetros productivos y reproductivos, especialmente en la primera lactancia y sobre su vida productiva (Vargas-Leitón y Ulloa, 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013). Sin embargo, hasta la fecha, no existen estudios, a nivel poblacional, que relacionen variables de manejo durante período de crianza, con factores de la madre, el individuo y el ambiente.

Por otra parte, muchas de las variables, que pueden afectar la EPP, pueden llegar a ser modificadas de forma inmediata por el productor, lo cual hace posible un cambio en la estrategia de crianza de una finca en particular, para mejorar su rendimiento productivo y reproductivo. En los últimos años, se ha involucrado el término de variables modificables y no modificables, principalmente en estudios de epidemiología clínica humana y, en menor medida, en producción animal, para identificar elementos que pueden controlarse, modificarse o tratarse por el ser humano, para obtener un beneficio en particular (Mee et al., 2014; Ibekwe, 2015). Las variables no modificables corresponden a atributos del individuo, que no pueden ser alterados o ajustados, por ejemplo: la edad, raza, genética, entre otros (Ibekwe, 2015).

Al identificar las variables modificables de la EPP y cuantificar su efecto, se puede encontrar futuras áreas de mejora en la finca, para incrementar la eficiencia del sistema

lechero, al garantizar que los animales presenten su máximo potencial genético manifestado en la producción de leche y longevidad dentro del hato (Salazar-Carranza et al., 2013; Krpálková et al., 2014).

Este estudio busca evaluar factores modificables tales como las prácticas de salud, alojamiento y alimentación; o no modificables, como la raza, factores de la madre, entre otros, en la etapa de crianza de las terneras y su posible efecto en el valor de la EPP.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Población y diseño del estudio

El estudio se realiza en 22 fincas de las principales zonas lecheras de Costa Rica. Incluye 11 fincas de la Región Central, distribuidas en: Coronado, Cartago, Poás, Vara Blanca y Los Cartagos; 9 fincas de la región Huetar Norte, específicamente de la zona de Ciudad Quesada, Sucre, Aguas Zarcas y Río Cuarto. Por último, 2 fincas de la región Chorotega y la Región Pacífico Central, ubicadas en Guayabo y Caldera.

Se utiliza un diseño de estudio cohorte retrospectivo, con datos provenientes de hembras registradas en el programa VAMPP Bovino 3.0 (Noordhuizen y Buurman, 1984b) de hatos lecheros especializados de Costa Rica, que presentan su primer parto durante los años 2013 a 2015, con registros completos para todas las variables del estudio.

2.2. Recolección de datos y descripción de las variables

Se utiliza la base nacional de datos de las fincas registradas en el programa VAMPP Bovino 3.0, en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), del Programa de Investigación en Medicina Poblacional (MedPob), de la Escuela de Medicina Veterinaria–Universidad Nacional (EMV-UNA) (Pérez et al., 1989; Dwinger et al., 1994; Baaijen y Pérez, 1995).

De forma complementaria, se realiza una encuesta a los responsables de los hatos incluidos, para conocer las prácticas de manejo relacionadas con la crianza de los

reemplazos y las estrategias de manejo reproductivo que se realiza en cada lechería (Anexo 1). Se toma en consideración que estas ganaderías dispusieran de información completa respecto a registros productivos, reproductivos, sanitarios y alimenticios; que, además, se contara con la anuencia del propietario para facilitar la información complementaria: protocolos de vacunación, desparasitación, análisis de suelos, pastos, entre otros.

La variable dependiente corresponde a la edad a primer parto (EPP, en meses) y las variables independientes se clasifican como asociadas al animal o ambiente (Cuadros 1). La clasificación de modificables o no modificables se otorga según la posibilidad de ser cambiadas por el responsable del hato, por ejemplo: el manejo nutricional se puede cambiar al incorporar nuevos ingredientes, o técnicas de alimentación. Por el contrario, variables, como la raza, no son alterables (razonablemente) por actividades de manejo.

Cuadro 1. Descripción de las variables de animal no modificables.

Variable	Escala de medición	Categorías
Raza	Catagórica	Holstein o Jersey.
Año de nacimiento	Continuo	Año Calendario
Mes de nacimiento del animal	Continuo	Mes del año: enero a diciembre.
Servicios por concepción efectivos (SPCE) de la novilla	Catagórica	Número de servicios para obtener una concepción que finaliza exclusivamente en parto <1 SPCE 1 a 2 SPCE >2 SPCE
Intervalo primer celo-concepción (IPCC)	Catagórica	Días entre el primer celo y la concepción que puede finalizar en parto o aborto (obtenidos por redondeo al más próximo) <31 días IPCC 31-60 IPCC 61-90 IPCC ≥ 91 días IPCC

A partir de la información de la encuesta, se generan 39 variables; las cuales, se califican en tres áreas: salud, alojamiento o alimentación (Cuadro 2). En el área de salud se incluye aquellas variables relacionadas con el estatus sanitario del hato, tales como: protocolos de vacunación, políticas de reemplazos, higiene, visita regular de un médico veterinario, prevalencia de enfermedades gastrointestinales, respiratorias y onfaloflebitis,

registro de muertes pre-destete y manejo de los casos clínicos. En el área de alojamiento, se considera el tipo de estabulado; si se alojaban de forma grupal o individual; el tipo de piso, si este era o no elevado; el tipo de cama y la división entre una cuna y otra. En el área de alimentación se incluye variables como: el tipo de leche ofrecida a la ternera, ya sea reemplazador o leche entera; si esta se sometía a algún tipo de análisis determinado, como medición de células somáticas; ausencia de mastitis o residuos de antibiótico; si se pasteurizaba, previo a ofrecerla a las terneras; igualmente, si la dieta de las terneras tenía aporte de concentrado y heno o pasto fresco.

Seguidamente, se asigna puntuaciones a las diferentes categorías, dentro de cada variable, utilizando escalas discretas ponderadas de acuerdo con la importancia relativa de cada variable (Cuadro2). De acuerdo con la escala utilizada, la máxima puntuación posible, para una finca con condiciones óptimas en todas las variables, es de 80, en el área de salud; 15, en el área de alojamiento; 27, en el área de alimentación; para un total de 122 en el manejo global.

Para cada una de las fincas, se suman las puntuaciones de las variables correspondientes a las tres áreas de manejo: salud, alimentación y alojamiento. Posteriormente, se calcula los valores de los cuartiles (Q1 y Q3) de esta sumatoria dentro de cada área; los cuales, se utilizan como referencia para clasificar las fincas en tres grupos: baja, media, y alta. Para las variables de salud, se toma, como bajo, aquellas fincas con puntuaciones parciales menores de 53; salud media, aquellas con valores entre 53 y 69; para mantener, como altas, los sistemas con puntuaciones superiores a 69. Las fincas, con puntuaciones menores de 9, se clasifican de alojamiento bajo; las de 9 a 12, regular; por encima de 12, son fincas de alta calidad de instalaciones. Por último, la variable alimentación es baja en las fincas con valores inferiores a 13; medio, de 13 a 21; alto, superior de 21.

Finalmente, se suma las puntuaciones de las tres áreas para obtener una puntuación global de manejo; mediante la cual, se clasifican las fincas en tres grupos: Alta, con más de 101 puntos (quintil superior); media, con puntuación entre 75 y 101; baja, con menos de 75 puntos (quintil inferior).

Cuadro 2. Puntuaciones asignadas, por categoría de las variables de manejo, asociadas a las áreas de Salud, Alojamiento y Alimentación

Área	Variable de manejo	Descripción de Categorías	Puntuación	
Salud	Política de reemplazos	Reemplazos se desarrollan en la finca y se adquieren de afuera	0	
		Reemplazos se desarrollan solo animales nacidos en la finca	12	
	Calidad de higiene	Desinfección superficial o nula	0	
		Desinfección profunda	6	
	Producto de limpieza	Cal, carbolina, cloro, agua caliente o ningún producto	0	
		Mezcla comercial de ácidos orgánicos, biocidas orgánicos, inorgánicos y surfactantes.	6	
	Separación de las crías	Después de las 2hrs	0	
		Primeras 2hrs	5	
	Visita Veterinaria	Visita del médico Veterinario poco frecuente (>30 días)	0	
		Visita del médico Veterinario cada 30días o menos	8	
	Áreas de inspección del médico veterinario	No inspecciona el área de maternidad, registros de la finca y los animales	0	
		Inspecciona el área de maternidad, registros de la finca y los animales	0	
	Vacunas	Únicamente Brucella	Únicamente Brucella	0
			Brucella, clostridial y agentes virales (IBR, BDV, parainfluenza, sinciatal bovino, leptospira)	12
		Edad de la vacunación	≥4 meses	0
			<3 meses	8
		Casos de enfermedades (por cada 10 terneras)	≥3 casos de onfaloflebitis, problemas respiratorios o diarrea	0
≤2 casos de onfaloflebitis, problemas respiratorios o diarrea			5	
Mortalidad (casos por cada 10 terneras)		>3 casos de muerte los primeros 6 meses de vida	0	
	1-2 casos de muerte los primeros 6 meses de vida	4		
Atención de casos clínicos	No hay casos de muerte los primeros 6 meses de vida	4		
	No hay tratamiento temprano de síntomas, separación de los animales enfermos y desinfección profunda de las instalaciones donde alojan terneras enfermas	0		
Alojamiento	Estábulo	Tratamiento temprano de síntomas, separación de los animales enfermos y desinfección profunda de las instalaciones donde alojan terneras enfermas	10	
		Estábulo completo	0	
	Alojamiento	Semiestabulado	1	
		Alojamiento grupal	0	
	Piso	Alojamiento individual	5	
		Piso no elevado (concreto, madera)	0	
	Cama	Piso elevado	2	
		Cama de material orgánico	0	
	Divisiones	Cama de material inorgánico	3	
		Divisiones abiertas	0	
Alimentación	Técnicas de alimentación	Divisiones sólidas de madera, cemento u otro.	4	
		Alimentador semiautomático	0	
	Tipo y calidad de leche	Chupón, balde o ambas	5	
		Leche de descarte	0	
	Análisis de leche	Reemplazador o leche entera de buena calidad, o pasteurizada	8	
		No hacen análisis de la leche	0	
	Ingredientes en la dieta	Mastitis, residuos de antibióticos, paratuberculosis, y leucosis	8	
Concentrado		0		
	Concentrado y heno o pasto fresco	6		

2.3. Análisis estadístico

Para el análisis del efecto de las variables de animal y ambiente sobre la EPP, se utiliza un Modelo Lineal Generalizado (GLM, por sus siglas en inglés). Esta herramienta de análisis logra combinar las características de los modelos lineales mixtos, los cuales incorporan efectos aleatorios y modelos lineales generalizados, que pueden analizar datos con distribución no normal (Bolker et al., 2009).

El modelo estadístico para explicar la EPP es:

$$Y = \mu + \beta_1Mg + \beta_2An + \beta_3Mn + \beta_4R + \beta_5SPCE + \beta_6IPCC + \beta_7(R \times Mg) + \beta_8H(R \times Mg) + \zeta$$

En el cual:

Y : Variable dependiente (EPP en meses).

μ : Media general

β_1Mg : Efecto fijo de grupo de manejo (Alto, medio o bajo, según sumatoria global).

β_2An : Efecto fijo de año de nacimiento.

β_3Mn : Efecto fijo de mes de nacimiento.

β_4R : Efecto fijo de raza.

β_5SPCE : Efecto de los servicios por concepción efectivos (en categorías: 1, 2, ≥ 3).

β_6IPCC : Efecto fijo del intervalo primer celo-concepción (en categorías: 0: <30 días, 1: 30 a 60 días, 2: 61 a 90 días, 3: ≥ 91 días).

$\beta_7(R * Mg)$: Efecto fijo de la interacción raza por grupo de manejo.

$\beta_8H(R * Mg)$: Efecto fijo del hato anidado dentro de grupos de raza y manejo.

ξ: Error residual aleatorio

Los análisis estadísticos se realizan con el programa SAS, versión 9.4, con su rutina GLIMMIX (SAS Institute Inc, 2010). En el modelo, se asume una distribución lognormal para la variable de respuesta (EPP) y se utiliza una función de enlace identidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego del proceso de edición y reducción de los registros, se analiza un total de 2980 primerizas, pertenecientes a 22 fincas distribuidas en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica. La EPP promedio, de la totalidad de vacas incluídas, es de 27.4 meses (± 4.7). Respecto a los indicadores de reproducción, se obtuvo un promedio de 1.8 (± 1.3) servicios por concepción efectivos (SPCE); y 44.7 días (± 57.6) de intervalo primer celo concepción (IPCC, Cuadro 3).

El promedio de EPP es consecuente con la tendencia mundial a disminuir la EPP con el fin de minimizar los costos de producción de los primeros meses de crianza de la novilla, uno de los rubros de producción más costosos en fincas lecheras (Wathes- et al., 2008). Cabe mencionar que, los valores de EPP son mayores en condiciones de pastoreo, pero decrecen en sistemas intensivos, esto debido a la disponibilidad de alimento y a tecnologías de crianza enfocadas en obtener mejores índices reproductivos (Wing-Ching Jones et al., 2008). Se reporta que, aproximadamente, entre un 15-20% de los costos, relacionados con la producción de leche, corresponden a los primeros meses de vida de la ternera (Pirlo et al., 2000; Meyer et al., 2004; Hare et al., 2006; Le Cozler et al., 2008; Bach, 2011).

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos de las variables de rendimiento reproductivo.

Variable	n	Media	DE	IC 95%		Mínimo	Máximo
				LI	LS		
Edad a primer parto	2980	27.4	4.7	27.6	27.3	20.0	50.0
Servicios/concepción efectivos	1583	1.8	1.3	1.7	1.9	1.0	11.0
Intervalo primer celo-concepción	2119	44.7	57.6	42.3	47.1	0.0	461.0

*n: tamaño de muestra D.E: desviación estándar; IC95%: intervalo de confianza al 95%.

El modelo evaluado converge, satisfactoriamente, ($P < 0.001$) con un cumplimiento adecuado de los supuestos de normalidad, independencia y varianza constante de los residuos. Asimismo, se demuestra un efecto significativo de la mayoría de las variables de animal y ambiente sobre la EPP (Cuadro 4).

Las primerizas Holstein presentan un valor de EPP de 30.1 (IC95%: 29.8-30.4) meses; 1.7 meses más que las Jersey (EPP: 28.4; IC95%: 28.1-28.8; $P < 0.001$).

Estos valores son similares a lo reportado por otros estudios en Costa Rica, tales como 30.7 meses (± 6.8 ; IC95%: 30.6 – 30.8) para la raza Holstein (Salazar-Carranza et al., 2013) y 29.3 (± 6.8 ; IC 95%: 29.3–29.4) para los animales de raza Jersey (Castillo Badilla et al., 2013). Asimismo, se hace evidente la mayor precocidad reproductiva que caracteriza a la raza Jersey, así como la capacidad de adaptación climática que esta posee, a diferencia de la raza Holstein; lo cual permite alcanzar su madurez sexual a más temprana edad (Washburn et al., 2002).

Por otra parte, se puede observar que no hay una variación significativa de la EPP entre los años de nacimiento 2010, 2012 y 2013; sin embargo, existe una diferencia de aproximadamente 4 meses en la EPP, desde el año 2010 (EPP: 31.8; IC95%: 31.4-32.2) al 2014, en el que se reporta una EPP de 28.0 (IC95%: 27.5-28.5) (Cuadro 5). La tendencia a la disminución se ajusta, de forma clara, a la búsqueda de los productores, a nivel mundial, de obtener valores de EPP entre los 21 y 24 meses de vida, para garantizar una mayor longevidad dentro del hato, pues existe una correlación negativa entre la EPP y la vida productiva (Nilforooshan y Edriss, 2004). Además, Hultgren et al. (2011), reportan que, para EPP, entre 24 y 31 meses, los animales presentan una vida productiva constante y un mayor retorno económico para el productor; mientras que, por encima de los 31 meses, se observa una disminución de la producción de leche; lo cual, como consecuencia, amenaza la longevidad de la vaca dentro del hato (Ettema y Santos, 2004; Changhee Do et al., 2013).

Cuadro 4. Medias marginales (e intervalos de confianza 95%) de Edad a Primer Parto (EPP, días) para los distintos estratos de los factores relacionados al animal y ambiente.

Factor	Estrato	EPP Estimado	Intervalo de Confianza 95%		Valor de P
			LI	LS	
Intercepto		34.1			<0.0001
Raza	Holstein	30.1	29.8	30.4	<0.0001
	Jersey	28.4	28.1	28.8	
Año de Nacimiento	2010	31.8	31.4	32.2	<0.0001
	2011	28.9	28.7	29.2	
	2012	29.0	28.7	29.3	
	2013	28.8	28.5	29.0	
	2014	28.0	27.5	28.5	
Mes de Nacimiento	Enero	29.7	29.4	30.1	0.0012
	Febrero	29.7	29.3	30.0	
	Marzo	29.5	29.1	29.8	
	Abril	29.3	28.9	29.7	
	Mayo	29.4	29.0	29.8	
	Junio	29.2	28.8	29.6	
	Julio	29.2	28.8	29.6	
	Agosto	29.3	29.0	29.7	
	Setiembre	28.8	28.4	29.2	
	Octubre	29.2	28.8	29.6	
	Noviembre	29.1	28.8	29.5	
	Diciembre	28.9	28.5	29.3	
SPCE	1	27.8	27.5	28.1	<0.0001
	2	29.3	29.0	29.6	
	3	30.8	30.4	31.2	
IPCC	0	28.6	28.3	28.9	<0.0001
	1	28.2	27.8	28.6	
	2	29.1	28.6	29.5	
	3	31.3	30.9	31.8	
Prácticas de manejo	Alto	27.6	27.2	28.0	<0.0001
	Medio	30.1	29.7	30.4	
	Bajo	30.2	29.8	30.6	

* P= Valor de P para el efecto del factor correspondiente. LI= límite inferior. LS= límite superior. SPCE= servicios por concepción efectivos. IPCC= Intervalo primer celo-concepción (en categorías: 0: <30 días, 1: 30 a 60 días, 2: 61 a 90 días, 3: ≥ 91 días).

Se determina, además, que el mes de nacimiento de la hembra afecta, significativamente, la EPP ($P=0.0012$). Los animales nacidos en enero, febrero y marzo, presentan los valores más altos de EPP, con 29.7 (IC95%: 29.4-30.1), 29.6 (IC95%: 29.3-30.0), y 29.5 (IC95%: 29.0-29.8), respectivamente. Por el contrario, las nacidas en setiembre y diciembre tienen las EPP más bajas, con 28.8 (IC95%: 28.4-29.2) y 28.9 (IC95%: 28.5-29.2) (Cuadro 4). Este resultado concuerda con los estudios de Castillo Badilla et al. (2013) y Salazar Carranza et al. (2013), quienes encuentran que los animales nacidos en los meses más secos presentan mayores valores de EPP que aquellos nacidos en los meses más lluviosos.

Los efectos provenientes del mes de nacimiento, sobre la edad al primer parto, pueden derivarse, al menos en parte, de las diferencias de alimentación en las épocas de verano e invierno; las cuales, a su vez, se reflejan en el crecimiento y reproducción de las novillas (Ossa et al., 2007). La EPP es un parámetro influenciado, de manera directa, por el peso, tamaño y madurez del animal; factores que, bajo condiciones tropicales, son difíciles de controlar, debido a la influencia del estrés calórico sobre el individuo, el uso de forrajes de baja calidad y la poca o nula suplementación (Wing-Ching Jones et al., 2008).

Cabe recalcar que, los hatos utilizados en este estudio, manejan sus terneras en sistemas de estabulado o semi-estabulado, por lo cual, el porcentaje de la dieta, correspondiente a forraje, es bajo; en algunos casos nulo. Durante los primeros meses de la crianza de las terneras, la mayoría de las fincas ofrece concentrado y heno, solo unas pocas utilizan pasto verde.

Los parámetros reproductivos, servicios por concepción efectivos (SPCE) y el intervalo primer celo-concepción (IPCC), presentan un efecto significativo sobre EPP ($P<0.001$). Las hembras, con mayor cantidad de SPCE, presentan una EPP de 30.8 meses (IC95%: 30.4-31.2), mientras que las novillas, con un solo servicio, presentan un valor de EPP de 27.8 (IC95%: 27.5-28.1). Además, las novillas con un IPCC, superior a los 91 días, presentan los valores de EPP mayores (EPP: 30.2, IC95%: 30.9-31.8), significativamente distinto a los animales con IPCC inferiores a 90 días (Cuadro 4). Esto se puede relacionar con el desarrollo de la hembra, previo a la pubertad, en el cual, manejos nutricionales deficientes, pueden ocasionar un retraso en el desarrollo durante esta fase, que puede traer

alteraciones en los índices reproductivos (Le Cozler et al., 2008; Cooke et al., 2013). Igualmente, cabe mencionar que la edad, al primer servicio, no se toma en cuenta como variable independiente, en este estudio. Algunos autores afirman que, conforme se incrementa la edad de la novilla, los índices de fertilidad disminuyen, causando un incremento en los SPCE y IPCC (Le Cozler et al., 2008; Cooke et al., 2013).

Para este estudio, en particular, de forma innovadora, se fusionan, de manera ponderada, las prácticas de salud, alojamiento y alimentación en una variable global, denominada “manejo”.

El efecto de la variable manejo, en su condición de variable modificable, se explora en el modelo estadístico, tanto de forma aislada como en asociación con la raza y la finca. De forma histórica, se ha estudiado los efectos de estos factores de forma independiente; por tanto, el soporte de la literatura es escaso al explicar los resultados obtenidos bajo este tipo de clasificación.

Debido al criterio de agrupación, utilizado para la clasificación de las fincas, según el manejo global, corresponde a los quintiles. La mayoría de fincas se ubica en categoría media (Cuadro 5). Al analizar las 22 fincas, según las variables parciales de salud alojamiento y alimentación, se obtiene un promedio para las prácticas de salud de eficiencia sanitaria alta de 72.2 (± 2.9), 59 (± 6.6) para las medias y 40.7 (± 1.5) para las de baja calidad. Con respecto a las prácticas de alojamiento, 4 fincas presentan buena calidad de instalaciones, con un promedio de puntaje de 14 (± 0); 13 fincas, con alojamiento medio, (Promedio: 10.4; ± 10) y 5 con mala calidad de alojamiento (Promedio: 3.8; ± 2.4). Por otra parte, las prácticas de alimentación presentan un 22.7% de fincas con un manejo que se considera adecuado (Promedio: 26; ± 2.2); 63.6% de explotaciones con manejo medio (Promedio: 17; ± 3.7) y 13.6% de manejo alimentario deficiente (Promedio: 10; ± 1.7).

Cuando se examina los resultados por finca, se puede concluir que los rubros de alimentación y alojamiento son los que se acercan más al puntaje máximo por categoría; lo cual, sugiere la probabilidad de que las fincas fallen más en el manejo sanitario de las terneras que en el alojamiento y alimentación. La mayoría de las fincas cuenta con características, de instalaciones para terneras, que se acercan a las condiciones ideales,

alojamiento individual, piso elevado y divisiones cerradas. Además, las terneras, en la mayoría de casos, se crían con dieta a base de leche, concentrado y pasto fresco o heno, ingredientes esenciales para el desarrollo de una ternera. Sin embargo, el rubro, variable de alimentación, con mayor cantidad de problemas, corresponde al análisis de la leche para alimentación de los reemplazos, en donde los análisis son escasos o nulos en la mayoría de las fincas visitadas.

También, el área de salud es donde se encuentra la mayor cantidad de inconsistencias, las cuales repercuten en el rendimiento de una novilla. Las prácticas de higiene no son las ideales. En gran cantidad de fincas visitadas, se utiliza productos de mala calidad o una baja frecuencia de limpieza de instalaciones. Asimismo, el número de casos clínicos, durante el período de desarrollo, repercute la calificación parcial que tengan las fincas por categoría. Además, el manejo sanitario corresponde al rubro más difícil de manejar. El cual repercute con mayor peso en los parámetros reproductivos, como la EPP.

Con respecto a la sumatoria ponderada de las variables parciales, en manejo global; de las 22 fincas utilizadas, 4 se clasifican como explotaciones con manejo alto (Media: 105; ± 1.4), 14 de manejo medio (Media: 89.0; ± 9.0); 4 de manejo bajo (Media: 62.5; ± 11.6), las cuales cuentan con un total de 659, 1793 y 528 animales, respectivamente (Cuadro 5). Cabe mencionar que las fincas, de manejo medio, tienen mayor cercanía de puntaje total a las fincas de manejo alto, en comparación con aquellas de baja calidad. Por ejemplo, existe una diferencia de 16 puntos en el promedio de manejo global entre las fincas de manejo medio y alto. Contrario a lo observado con las bajas, que difieren de las medias por 26 puntos.

Cuadro 5. Frecuencias absolutas y relativas (%) de fincas y animales según variables de salud, alojamiento y alimentación, y según manejo global, en fincas lecheras especializadas de Costa Rica.

Variable	Categoría	# Fincas	% Fincas	# Animales	% Animales	Puntaje Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Prácticas de Salud (puntaje máximo= 80)	Alto	5	22.7	717	24.1	72.2	2.9	70	77
	Medio	14	63.6	2021	67.8	59.0	6.6	47	69
	Bajo	3	13.6	242	8.1	40.7	1.5	39	42
Prácticas de Alojamiento puntaje máximo= 15)	Alto	4	18.2	338	11.3	14.0	0.0	14	14
	Medio	13	59.1	2151	72.2	10.4	10.0	9	12
	Bajo	5	22.7	491	16.5	3.8	2.4	0	6
Prácticas de Alimentación puntaje máximo= 27)	Alto	5	22.7	884	29.7	26.0	2.2	22	27
	Medio	14	63.6	1657	55.6	17.0	3.7	12	21
	Bajo	3	13.6	439	14.7	10.0	1.7	8	11
Clasificación de manejo									
Manejo global	Alto	4	18.2	659	22.1	105.0	1.4	104	107
	Medio	14	18.2	1793	60.2	89.0	9.1	75	101
	Bajo	4	63.6	528	17.7	62.5	11.6	49	74
Total		22	100	2980	100				

DE: Desviación estándar.

En la Figura 1, se observa que los animales, sometidos a sistemas de manejo de calidad deficiente o baja, presentan una media marginal de EPP de 30.20 meses (IC95%: 29.8-30.6); similar a lo obtenido por los animales criados en sistemas con prácticas de manejo intermedias (EPP: 30.05; IC95%: 29.7-30.4). Por el contrario, los animales, con programas de desarrollo de terneras de alta calidad, presentan los valores de EPP más bajos, en comparación con los otros dos sistemas, con una EPP de 27.6 meses (IC95%: 27.2-28.0). Esto evidencia la importancia que tiene el manejo en el desempeño de una novilla, al presentar efectos a largo plazo en los parámetros reproductivos y productivos (Heinrichs et al., 2005; Le Cozler et al., 2008; Heinrichs y Heinrichs, 2011; Abeni et al., 2012b).

El objetivo de un programa exitoso, de crianza de terneras, es minimizar el estrés que genera la separación de la vaca; para esto es imprescindible ofrecer un alojamiento limpio, seco; una dieta que satisfaga las necesidades nutricionales y permita, al animal, enfrentar la exposición a agentes infecciosos, sin causar enfermedad. (Edrington et al., 2012). Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la salud, el crecimiento y la productividad de las terneras recaen, fuertemente, en las prácticas de alimentación, alojamiento y salud que se implemente en las fincas (Elizondo-Salazar, 2013).

Cuando se cría terneras, se intenta alcanzar una meta de peso según raza para garantizar un desarrollo óptimo. Para que el animal responda, con la máxima expresión de su potencial productivo, todos estos parámetros se ven influenciados, de forma directa, por las prácticas de nutrición, alojamiento y manejo sanitario (Heinrichs y Heinrichs, 2011). Se considera que los animales, con mejor ganancia de peso, presentan valores de EPP más bajos. Esto solo se puede lograr cuando la finca cuenta con prácticas eficientes de salud, incluyendo protocolos vacunales completos y atención temprana de casos clínicos, así como alojamiento que cumpla con las características necesarias de confort, higiene y bienestar animal; todo aunado a un balance nutricional que llene las necesidades diarias del animal en crecimiento (Stanton et al., 2012; Krpálková et al., 2014).

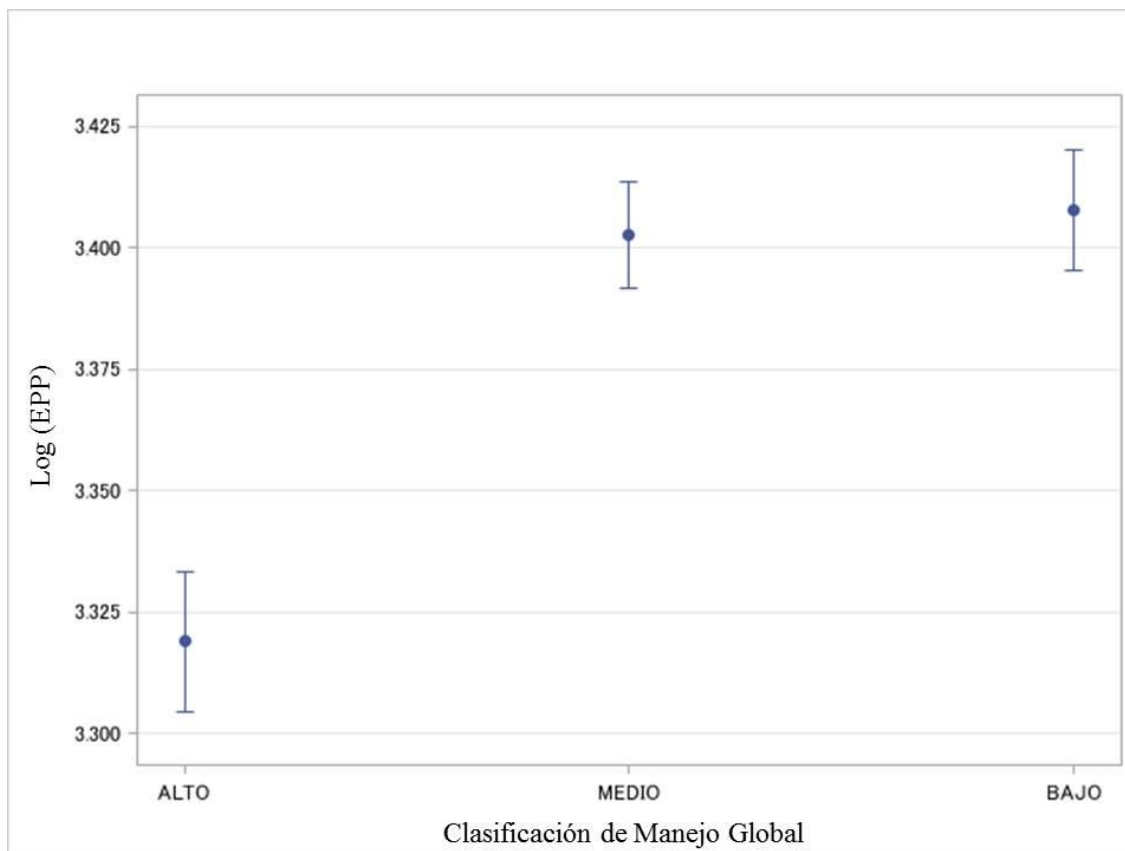


Figura 5. Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Edad a Primer Parto (escala logarítmica) en grupos de fincas con nivel de manejo Alto, Medio y Bajo.

Con la finalidad de mantener o expandir el tamaño del hato en producción, los veterinarios y productores enfocan su atención en el manejo sanitario de las terneras durante sus primeros meses de vida, al controlar la aparición de brotes de enfermedades, mejorando rutinas de crianza y protocolos de tratamientos de enfermedades (Mcguirk, 2008).

Respecto a las prácticas sanitarias, del manejo de terneras, se ha reportado que algunas de estas, con problemas gastrointestinales, o enfermedad respiratoria, que se someten a algún tipo de tratamiento, presentan menor ganancia de peso diaria, lo cual conlleva a un valor de EPP elevado (Heinrichs et al., 2005; de Passillé y Rushen, 2016); similar a lo obtenido en este estudio con la relación existente entre las prácticas de manejo deficientes y el incremento de la EPP.

Por otra parte, 15 de las fincas analizadas reportan hacer tratamientos tempranos de los animales enfermos, lo cual garantiza que la ganancia de peso diario y el peso final de la ternera, al destete, se vea menos comprometido. Van Der Fels-Klerx et al. (2002) reportan que la aparición del síndrome respiratorio bovino, o diarreas en las primeras etapas, no solo llegan a afectar el peso vivo del animal, e incrementar la EPP, sino que también contribuyen a incrementar, hasta en un 5%, la posibilidad de muerte embrionaria temprana o aborto en su primer parto.

Una herramienta importante, para el control de enfermedades, es los protocolos de vacunación. La transferencia de inmunidad sobre patógenos específicos como: *E.coli* enterotoxigénica, coronavirus, rotavirus, y *Clostridium perfringens* tipos C y D, son importantes para disminuir la incidencia de enfermedades; por consiguiente, la mortalidad de las terneras (Mcguirk, 2008).

A pesar de que los entrevistados reportan una baja casuística de enfermedades, durante las primeras etapas, la gran mayoría utiliza vacunas contra *Brucella sp*, y agentes clostridiales. Sin embargo, cabe mencionar que, durante la inspección de las fincas, se observa síntomas clínicos entre las terneras, compatibles con enfermedades respiratorias, como tos y secreciones nasales, a pesar de la baja incidencia reportada en la encuesta.

Uno de los puntos críticos de la crianza es el manejo del período de calostro, pues se ha reportado que un 40% de las muertes, pre-destete, se asocian a un fallo en la transferencia de la inmunidad pasiva, lo cual se obtiene en la ingesta de calostro (Hulbert y Moisés, 2016). Además, los animales de baja vitalidad, producto de fallas de manejo, como falta de higiene o ambientes hostiles, necesitan terapias con antiinflamatorios para mejorar la capacidad de absorción de inmunoglobulinas, pues la respuesta inflamatoria inhibe la transferencia de inmunidad pasiva del calostro, a pesar de tener una ingesta constante (Hulbert y Moisés, 2016). También, para este estudio, en particular, a pesar de que todos los productores ofrecen el calostro en las primeras horas, la mayoría de fincas utiliza leche entera para alimentar las terneras de buena calidad. Todos reportan, al menos, una muerte o signos de enfermedad en las crías los primeros meses de vida; lo cual, a largo plazo, afecta el desempeño reproductivo de la finca.

Durante el período de lactancia, las terneras se encuentran en un estado vulnerable, más propenso a enfermedades (Hultgren y Svensson, 2009). La calidad de la leche es uno de los puntos clave durante esta etapa, pues se considera que la leche entera constituye un factor de riesgo mayor que el reemplazador de leche para la aparición de enfermedades (Wathes et al., 2008). De las fincas analizadas, 5 utilizan reemplazador de leche para alimentar las terneras durante su período de lactancia; 16 utilizan leche entera y solo una reporta usar ambos tipos. Sin embargo, solo 8 fincas realizan análisis previo a la leche, principalmente, para residuos de antibióticos y mastitis. La administración de leche entera, sin ningún tipo de análisis previo o pasteurización, favorece la incidencia de diarreas y disminuye la tasa de crecimiento de la ternera. En algunos casos, la leche presenta altos niveles de células somáticas, mastitis o residuos de antibiótico que afectan, de forma directa, la salud de la hembra (Edrington et al., 2012). Además, existen reportes que asocian el consumo de leche de descarte a un incremento de la EPP, a diferencia de aquellos que tuvieron acceso a leche de buena calidad (Mohd Nor et al., 2013).

Aparte de la calidad de la leche, los ingredientes utilizados, en las dietas de terneras lactantes, son importantes para garantizar el desarrollo ruminal adecuado. La totalidad de fincas estudiadas ofrece concentrado y heno o pasto verde, con la finalidad de incrementar la producción de ácidos grasos volátiles, principalmente butirato, que estimula el crecimiento de las papilas ruminales y mejora la función del rumen (Khan et al., 2011)

El desarrollo adecuado de una ternera se ve perjudicado, de forma directa, por el alojamiento. Errores de infraestructura pueden afectar el acceso al agua, alimento, y áreas de descanso, al incrementar la desigualdad de los animales y afecta el desarrollo de aquellos que no se encuentran en una buena posición social en la jerarquía del grupo (Lievaart et al., 2012). Del mismo modo, estas carencias van a influir en la incidencia de enfermedades gastrointestinales y respiratorias que, a la larga, retrasan la EPP (Khan et al., 2011).

Características del alojamiento, como el tipo de piso y materiales utilizados, que faciliten una limpieza más rigurosa, pueden beneficiar un desarrollo óptimo de las terneras. Pettersson et al (2001), reportan mayor cantidad de neumonías y brotes de diarrea, cuando se aloja las terneras de forma grupal durante sus primeros meses de vida, asociado al tipo

de medidas higiénicas utilizadas en este sistema, el incremento de los niveles de amonio, alta humedad relativa y pobre ventilación.

Fallas en el alojamiento, como poco espacio en el comedero, favorece la competencia que modifica el comportamiento alimenticio de la ternera; por tanto, interfiere con la ganancia de peso diario (Lievaart et al., 2012). De la misma manera, el clima al cual se somete las terneras, durante sus primeros días, afecta el estado de salud, pues animales bajo estrés calórico disminuyen el consumo; por tanto, es necesario tomar medidas para disminuir la temperatura ambiental y garantizar el incremento de consumo de materia seca que se pierde con las altas temperaturas (Lievaart et al., 2012). De las fincas seleccionadas, 14 mantienen las terneras en alojamiento individual. La mayoría cuenta con piso elevado o camas de tipo orgánico; esto permite saber, con certeza, el consumo de alimento sólido para obtener el peso adecuado al momento del destete (Wathes et al., 2008).

Al analizar el efecto del manejo, en asociación con la raza, se puede observar una tendencia al incremento en la EPP conforme las prácticas pierden eficacia (Figura 2). Esta tendencia es más marcada en las vacas Jersey. Los animales desarrollados en sistemas de crianza de alta calidad presentan una EPP de 26.1 (IC95%: 25.6-26.7), lo cual difiere, significativamente, de las terneras criadas en sistemas de media y baja calidad, que tuvieron una EPP de 29.4 (IC95%: 29.0-29.8) y 29.9 (IC95%: 29.3-30.5), respectivamente. Por otra parte, en la raza Holstein, no se observa diferencias importantes entre las terneras criadas bajo sistemas de calidad media (EPP: 30.7; IC95%: 30.2-31.2) o baja (EPP 30.5, IC95%: 30.1-30.8), pero sí se observa que las vacas criadas, en sistemas de crianza con manejo de alta eficiencia, presentaron las EPP más bajas (EPP: 29.2, IC95%: 28.6-29.8) (Figura 2).

Los valores anteriores demuestran que, a pesar de las diferencias entre las fincas de manejo alto y medio no eran considerables (Cuadro 5), cuando se analiza el efecto del manejo (variable modificable) sobre la EPP; las fincas con manejo medio presentan resultados que se asemejan más a las fincas de manejo deficiente, en comparación con aquellas con alta eficiencia en su método de crianza. Esto se puede deber a que, dentro de las categorías de la variable de manejo global, existe aspectos que pesan más sobre la EPP. Por ejemplo, una mayor incidencia de enfermedades gastrointestinales y respiratorias, durante el desarrollo temprano de una ternera, puede provocar un incremento mayor en la

EPP que la frecuencia de visita del médico veterinario a la finca. Por tanto, las diferencias entre las fincas, con alto y medio manejo, se marcan más sobre el efecto de la EPP.

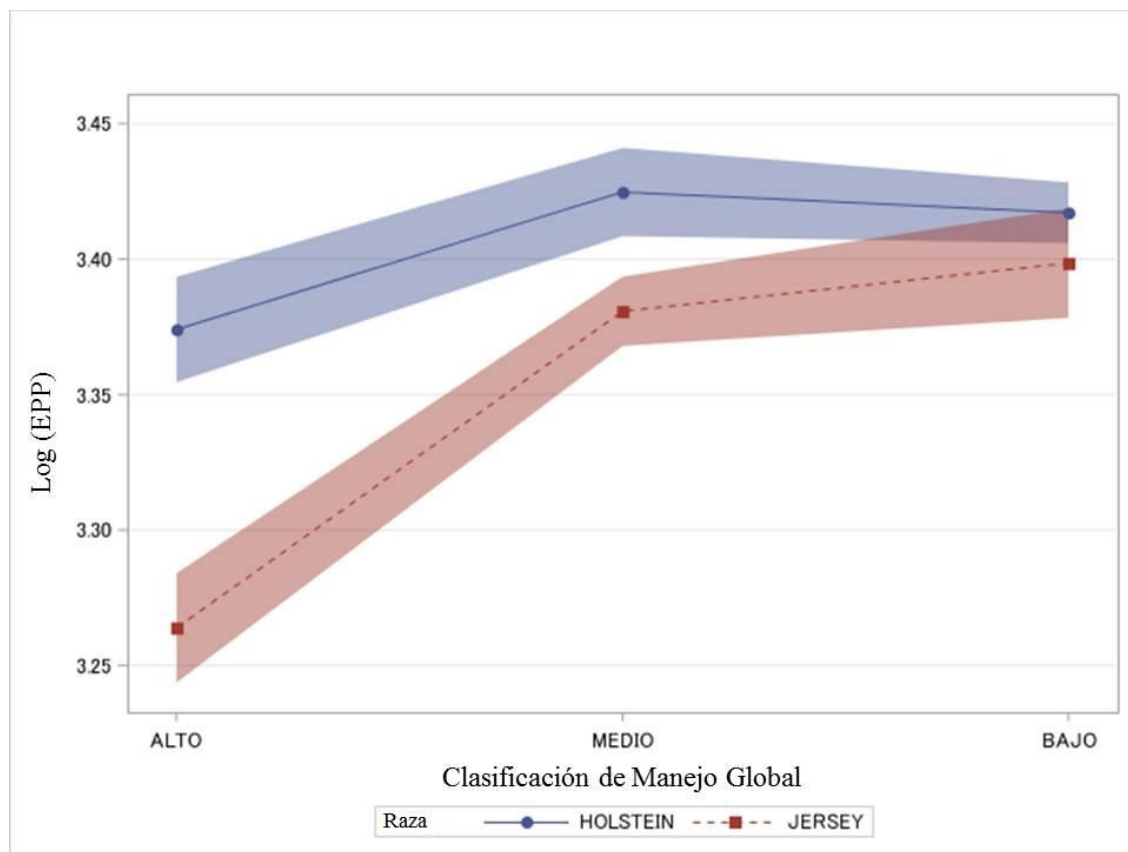


Figura 6. Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) según raza (Jersey y Holstein) y categoría de manejo global (alto, medio y bajo).

Los resultados muestran que el desarrollo de la ternera, bajo condiciones adecuadas de nutrición, salud y ambiente, mejoran el peso corporal y permiten alcanzar la madurez sexual a edades más tempranas; lo cual, a largo plazo, se puede manifestar en mejores índices productivos y reproductivos dentro del hato (Le Cozler et al., 2008).

No obstante, se puede observar que existe una alta variación entre las EPP de diferentes hatos, aun cuando sean pertenecientes a un mismo nivel de manejo, tanto para la raza Holstein (Figura 3), como para la Jersey (Figura 4).

Para la raza Holstein, las fincas, con valores de EPP mayores, corresponden a las Fincas 8 (EPP: 37.0; IC95%: 35.7-38.4) y 22 (EPP: 35.5; IC95%: 34.9-36.1), las cuales son hatos ubicados en Región Huetar Norte (Figura 3). La Finca 8 tiene un tipo de manejo medio y la 20, un manejo de baja calidad. Por otra parte, los valores de EPP más bajos se reportan en la Finca 1 (EPP: 25.6; IC95%: 25.3-26.0), correspondiente a una de las fincas con manejo de alta calidad y la Finca 20 (EPP: 24.9; IC95%: 24.5-25.4), que se encuentra en los hatos de técnicas de crianza de baja calidad.

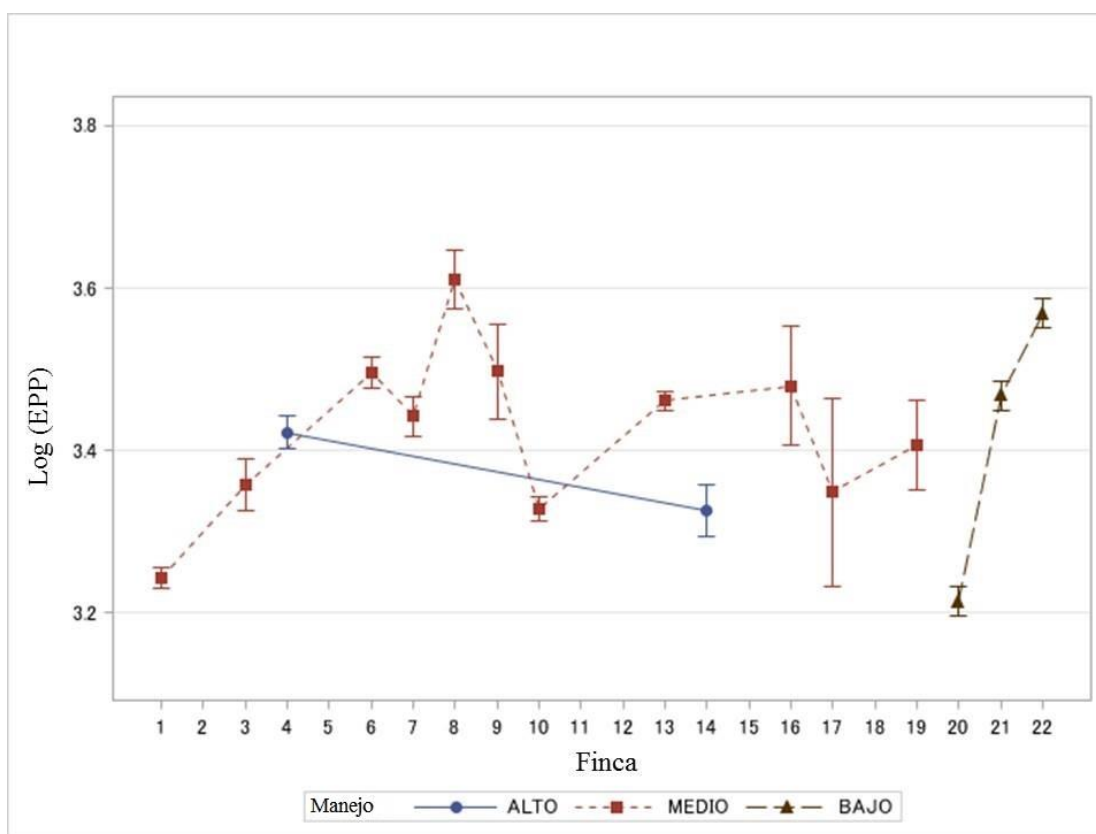


Figura 7. Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) en fincas con raza Holstein agrupadas según nivel de manejo (alto, medio, bajo).

En el caso particular de la Finca 20, las terneras se alojan, de forma grupal, los primeros 60 días de vida; mantienen una política de reemplazos abierta, en la cual se cría animales dentro del hato, aunque también se adquiere hembras fuera de la finca; tampoco hay análisis de la leche entera que se utiliza como fuente de alimentación de las terneras

lactantes. Estas características se podrían considerar como posibles factores de riesgo a incrementar la EPP. Sin embargo, a pesar de todo esto, la finca mantiene un valor bajo de EPP, posiblemente asociado a que llevan sus animales a primer servicio a la temprana edad de 12 meses; además, hacen uso del toro si las novillas repiten celo.

La mayoría de las fincas, con animales raza Jersey, presenta valores inferiores de EPP en relación con las fincas con ganado Holstein (Figura 4). La Finca 6, presenta el valor más alto de EPP reportado, a pesar de tener un buen manejo de crianza (EPP: 39.0; IC95%: 35.5-42.9).

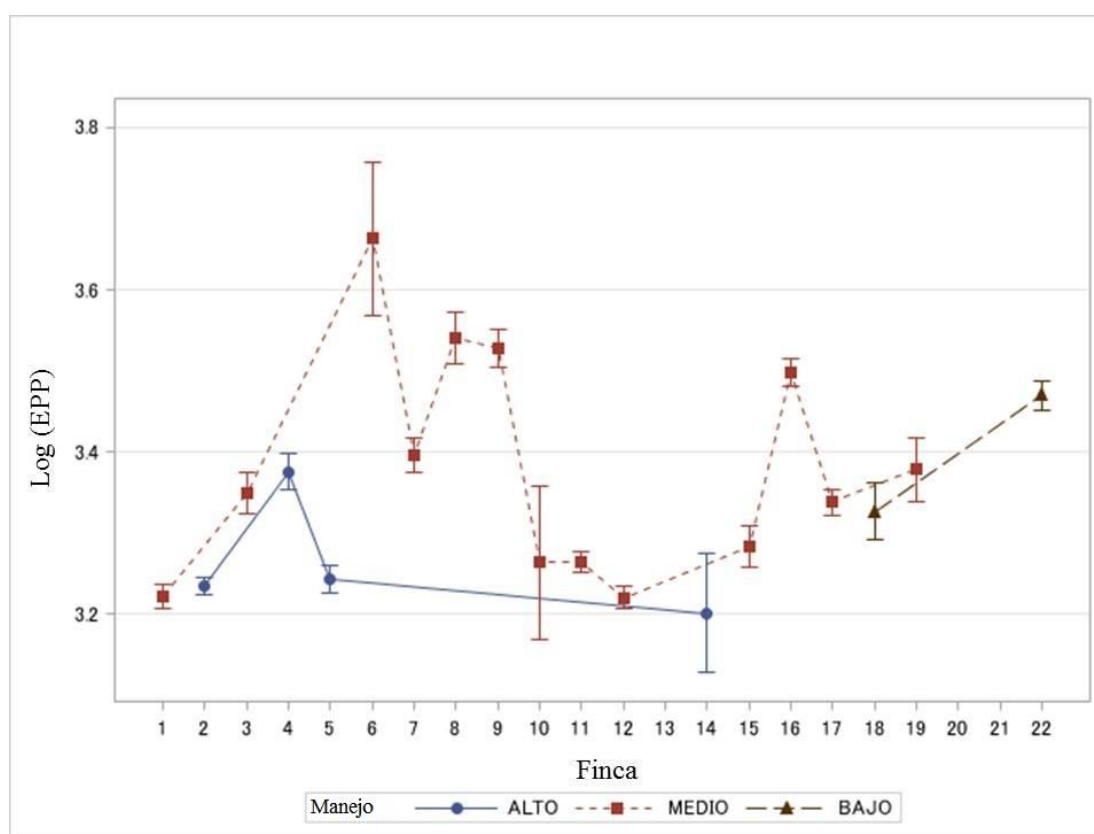


Figura 8. Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Edad a Primer Parto (EPP, escala logarítmica) en fincas con raza Jersey agrupadas según nivel de manejo (alto, medio, bajo).

Al analizar el efecto de la finca y las prácticas de manejo, sobre la edad del inicio de la vida reproductiva, se refleja la diversidad que existe, actualmente, en los sistemas de producción costarricenses, en la cual se encuentra gran variación en aspectos tales como:

sistemas de confinamiento, tipos raciales, nivel de uso de tecnologías, manejo de recurso forrajero, uso de suplementos y concentrados, mano de obra, entre otros (Vargas Leitón et al., 2013)

Dentro del grupo de las fincas de alto manejo, la mayoría corresponde a explotaciones especializadas de altura, ubicadas en la zona de Vara Blanca. Según Vargas Leitón et al. (2013) estas fincas se caracterizan por ser lecherías intensivas, altamente tecnificadas, generalmente establecidas sobre los 1600 msnm, con ganado puro, especializado y con la mayor producción de sólidos por hectárea. Asimismo, ofrecen dietas de alta calidad; utilizan concentrado, suplementos y fertilizantes en los pastos. Esto puede explicar la presencia de una EPP entre los 24-28 meses de edad. Sin embargo, la finca 6, incluida en este grupo, reporta una EPP de 37.9 meses, lo cual se puede deber a que es la única finca, dentro de este grupo, localizada en bajura, en una zona que presenta temperatura ambiental y humedad relativa superior a las demás. Estos factores climáticos hacen más difícil el inicio de la vida reproductiva a una edad más temprana, debido a los pastos de baja calidad que crecen en la zona y al estrés calórico al que se somete los animales (Wing-Ching Jones et al., 2008).

El grupo de fincas, con tipo de manejo medio, es el más diverso, en el cual, tanto la EPP, como la ubicación de las fincas, es variable. Por otra parte, las explotaciones con manejo de baja calidad son, en su mayoría, fincas ubicadas en la zona de bajura costarricense, principalmente en la región Huetar Norte, en donde las temperaturas son altas y las precipitaciones superiores a los 4000 mm anuales, e igualmente, se tiene una mayor incidencia de sistemas de pastoreo continuo (Vargas Leitón et al., 2013). Esto se puede relacionar, entre otros factores, al índice de temperatura y humedad (ITH) pues, al aumentar la precipitación, la temperatura baja y la humedad relativa aumenta, con una relación superior a 72 en el ITH; el animal se somete a un estado de estrés calórico que afecta, de forma directa, el desempeño reproductivo; por tanto, a un incremento de la EPP (Wing-Ching Jones et al., 2008).

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran la importancia del efecto de los factores modificables sobre la EPP, en donde las prácticas de manejo influyen, directamente, sobre el valor de la EPP. Esto se convierte en una herramienta de utilidad para los productores, para conocer qué aspectos, del desarrollo de sus reemplazos, pueden mejorar para obtener beneficios a corto, mediano y largo plazo; en especial, cuando se identifican las variables no modificables existentes en la finca. Errores comunes, cometidos dentro de los protocolos sanitarios, de alimentación y alojamiento, pueden ser corregidos, de forma temprana, para evitar un impacto negativo sobre los parámetros reproductivos de una novilla e incrementar la eficiencia del hato en general.

5. LITERATURA CITADA

- Abeni, F., L. Calamari, L. Stefanini, y G. Pirlo. 2012. Effect of average daily gain on body size, metabolism, and milk production of Italian Holstein heifers raised on two different planes of nutrition and calving at two different ages. *Livest. Sci.* 149(1–2): 7–17.
- Baijen, M., y E. Pérez. 1995. Information technology in the Costa Rican dairy sector: A key instrument in extension and on-farm research. *Agric. Hum. Values* 2: 45–51.
- Bach, A. 2011. Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *J. Dairy Sci.* 94(2): 1052–1057.
- Bolker, B.M., M.E. Brooks, C.J. Clark, S.W. Geange, J.R. Poulsen, M.H.H. Stevens, y J.S.S. White. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.* 24(3): 127–135.
- Brand, A., J.P.T.M. Noordhuizen, y Y.H. Schukken. 1997. *Herd Health and Production Management in dairy practice*. segunda ed. Wageningen Pers.

- Castillo Badilla, G., M. Salazar Carranza, J. Murillo Herrera, y J.J. Romero Zúñiga. 2013. Factores que afectan la edad al primer parto en vacas Jersey de lechería especializada en Costa Rica. *Rev. Ciencias Vet.* 29(1): 7–19.
- Changhee Do, W. Nidarshani, C. Kwanghyun, C. Yunho, C. Taejeong, P. Byungho, y L. Donghee. 2013. The Effect of Age at First Calving and Calving Interval on Productive Life and Lifetime Profit in Korean Holsteins. *Australas. J. Anim. Sci.* 26(11): 1511–1517.
- Cooke, J.S., Z. Cheng, N.E. Bourne, y D.C. Wathes. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open J. Anim. Sci.* 3(1): 1–12.
- Le Cozler, Y., V. Lollivier, P. Lacasse, y C. Disenhaus. 2008. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal* 2(9): 1393–1404.
- Dwinger, R., E. Capella, E. Perez, y M. Baaijen. 1994. Application of a computerized herd management and production control program in Costa Rica. *Trop Agric v.* 71(1): 74–76.
- Edrington, T., S. Dowd, R. Farrow, G. Hagevoort, T. Callaway, R. Anderson, y D. Nisbet. 2012. Development of colonic microflora as assessed by pyrosequencing in dairy calves fed waste milk. *J. Dairy Sci.* 95: 4519–4525.
- Elizondo-Salazar, J. 2013. Requerimientos de energía para terneras de lechería. *Agron. Mesoam.* 24(1): 209–214.
- Ettema, J.F., y J.E.P. Santos. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci.* 87(8): 2730–2742.
- Van Der Fels-Klerx, H.J., H.W. Saatkamp, J. Verhoeff, y A.A. Dijkhuizen. 2002. Effects of bovine respiratory disease on the productivity of dairy heifers quantified by experts. *Livest. Prod. Sci.* 75: 157–166.
- Hare, E., H.D. Norman, y J.R. Wright. 2006. Trends in Calving Ages and Calving Intervals

- for Dairy Cattle Breeds in the United States. *J. Dairy Sci* 89: 365–370.
- Heinrichs, A.J., y B.S. Heinrichs. 2011. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94(1): 336–341.
- Heinrichs, A.J., B.S. Heinrichs, O. Harel, G.W. Rogers, y N.T. Place. 2005. A Prospective Study of Calf Factors Affecting Age, Body Size, and Body Condition Score at First Calving of Holstein Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 88(8): 2828–2835.
- Hulbert, L.E., y S.J. Moisé. 2016. Stress, immunity, and the management of calves¹. *J. Dairy Sci.* 99(4): 3199–3216.
- Hultgren, J., y C. Svensson. 2009. Heifer rearing conditions affect length of productive life in Swedish dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 89: 255–264.
- Ibekwe, R. 2015. Modifiable Risk factors of Hypertension and Socio-demographic Profile in Oghara, Delta State; Prevalence and Correlates. *Ann. Med. Health Sci. Res.* 5(1): 71–77.
- Khan, M.A., D.M. Weary, y M.A.G. Von Keyserlingk. 2011. Invited review : Effects of milk ration on solid feed intake , weaning , and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 94: 1071–1081.
- Krpálková, L., V.E. Cabrera, J. Kvapilík, J. Burdych, y P. Crump. 2014. Associations between age at first calving, rearing average daily weight gain, herd milk yield and dairy herd production, reproduction, and profitability. *J. Dairy Sci.* (97): 1–10.
- Lievaart, J., J. Heinrichs, J. Boersema, y J. Mee. 2012. Rearing heifers for optimal growth and future performance. *En XXVII World Buiatrics Congress*. Lisbon, Portugal.
- Mcguirk, S.M. 2008. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. *Vet Clin Food Anim* (24): 139–153.
- Mee, J.F., C. Sánchez-Miguel, y M. Doherty. 2014. Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *Vet. J.* 199(1): 19–23.

- Meyer, M.J., R.W. Everett, y M.E. Van Amburgh. 2004. Reduced age at first calving: effects on lifetime production, longevity, and profitability. *Dairy Day* (1986).
- Mohd Nor, N., W. Steeneveld, T. van Werven, M.C.M. Mourits, y H. Hogeveen. 2013. First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96(2): 981–992.
- Nilforooshan, M.A., y M.A. Edriss. 2004. Effect of Age at First Calving on Some Productive and Longevity Traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. *J. Dairy Sci* 87: 2130–2135.
- Noordhuizen, J.P., y J. Buurman. 1984. VAMPP: a veterinary automated management and production control programme for dairy farms (the application of MUMPS for data processing). *Vet. Q.* 6(2): 66–72.
- Ossa, G.A., M.A. Suárez, y J.E. Pérez. 2007. Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el intervalo entre partos en hembras de la raza criolla Romosinuano. *Rev. Corpoica – Cienc. y Tecnol. Agropecu.* 8(2): 74–80.
- de Passillé, A.M., y J. Rushen. 2016. Using automated feeders to wean calves fed large amounts of milk according to their ability to eat solid feed. *J. Dairy Sci.* 99(5).
- Pérez, E., M. Baaijen, E. Capella, y H.W. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. p. 221–224. *En* 6th International Conference of Institutes for Tropical Veterinary Medicine. Utrecht, The Netherlands.
- Pettersson, K., C. Svensson, y P. Liberg. 2001. Housing, feeding and management of calves and Replacement heifers in Swedish Dairy Herds. *Acta vet. scand* 42(4): 465–478.
- Pirlo, G., F. Miglior, y M. Speroni. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83(3): 603–608.
- Roche, J.R., N.A. Dennis, K.A. MacDonald, C.V.C. Phyn, P.R. Amer, R.R. White, y J.K. Drackley. 2015. Growth targets and rearing strategies for replacement heifers in pasture-based systems: A review. *Anim. Prod. Sci.* 55(7).

- Salazar-Carranza, M., G. Castillo-Badilla, J. Murillo-Herrera, F. Hueckmann-Voss, y J.J. Romero-Zúñiga. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24(2): 233–243.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT 9.22 User's Guide.
- Stanton, L., D.F. Kelton, S.J. Leblanc, J. Wormuth, y K. Leslie. 2012. The effect of respiratory disease and a preventative antibiotic treatment on growth , survival , age at first calving , and milk production of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 57: 4950–4960.
- Vargas-Leitón, B., y J. Ulloa. 2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(7): 1–17.
- Vargas Leitón, B., O. Solís Guzmán, F. Saenz Segura, y H. León Higaldo. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agron. Mesoam.* 24(2): 257–275.
- Washburn, S.P., W.J. Silvia, C.H. Brown, B.T. Mcdaniel, y A.J. Mcallister. 2002. Trends in Reproductive Performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI Herds. *J. Dairy Sci* 85: 244–251.
- Wathes-, D.C., J.S. Brickell, N.E. Bourne, A. Swali, y Z. Cheng. 2008. Factors influencing heifer survival and fertility on commercial dairy farms *. *Anim. Anim. Consort.* 2(8): 1135–1143.
- Wing-Ching Jones, R., R. Pérez, y E. Salazar. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: El caso del módulo lechero SDA/UCR. *Agron. Costarric.* 32(1): 87–94.

CAPÍTULO 2

FACTORES DEL ANIMAL Y DEL AMBIENTE QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LA PRIMERA LACTANCIA EN VACAS DE HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA, DURANTE LOS AÑOS 2013 AL 2015

Gloriana Castillo Badilla

RESUMEN

Se realiza un estudio cohorte retrospectivo para cuantificar el efecto de variables de animal y ambiente, modificables y no modificables, sobre la producción de la primera lactancia (PPL). Se incluye 2747 vacas de razas Jersey y Holstein de 22 hatos lecheros especializados de diferentes zonas ecológicas de Costa Rica, con datos en el programa VAMPP Bovino, con su primer parto entre los años 2013 y 2015. Se analiza los datos mediante estadística descriptiva y un modelo lineal generalizado. La PPL promedio, a 305 días, para los animales en estudio, es 5485.8 kg (\pm 1547.8). Variables no modificables del individuo, como la raza, presenta efectos significativos sobre la PPL, con valores de 5360.1 kg (IC95%: 5158.2-5562.1) y 4694.1 kg (IC95%: 4578.5-4809.7) en la raza Holstein y Jersey, respectivamente. Asimismo, se observa una tendencia a incrementar los niveles de producción conforme se aumenta la edad, al primer parto, hasta los 26 meses ($P < 0.001$), después de lo cual se mantiene estable. Por otra parte, se determina un efecto significativo de la variable modificable de manejo ($P < 0.0001$); fincas con protocolos de alta calidad de crianza de terneras producen 213.9 kg (PPL: 5809.0; IC95%: 5570.6-6047.4) más de leche, en su primera lactancia, que las novillas con una crianza media y 1133.7 kg más que las de sistemas de baja calidad de manejo (PPL: 4676.3; IC95%: 4158.3-5194.3). Estos resultados evidencian la influencia que tienen los métodos de crianza de terneras sobre el rendimiento productivo posterior del animal en sistemas tropicales.

Palabras clave: *lechería, manejo, crianza de remplazos, salud, edad a primer parto, producción, variables modificables, variables no modificables.*

ABSTRACT

A cohort retrospective study was carried out to quantify the effect of the animal and environmental factors, modifiable and non-modifiable, on first lactation milk yield (FLM). A total of 2747 Jersey and Holstein cows belonging to 22 specialized dairy herds located in different ecological zones of Costa Rica, with data in the Bovine VAMPP program, and with age at first calving (AFC) in the period between 2013 and 2015 were included in the study. All data in the present research, was analyzed by descriptive analysis and a generalized linear model. The average FLM at 305 days for the animals in the present study

was 5485.8 kg (± 1547.8). Non modifiable variables, like breed, had significant effect over FLM, with 5360.1 kg (CI95%: 5158.2-5562.1) and 4694.1 (CI95%: 4578.5-4809.7; $P < 0.001$) for Holstein and Jersey respectively. AFC, had a significant effect over FLM, were a tendency to increased milk production with higher AFC was found until 26mo of AFC, after that milk yield remain stable ($P < 0.001$). Furthermore, the results showed a significant effect of management as a modifiable variable ($P < 0.0001$) revealing that farms with high quality calf rearing protocols produced 213.9 kg (FML: 5809.0; CI95%: 5570.6-6047.7) more milk in their first lactation than heifers raised under medium quality rearing and 1133.7 kg more milk than animals from low quality rearing programs (FML: 4676.3; CI95%: 4158.3-5194.3). These results show that rearing factors affect the productive life time of dairy cows in tropical operations.

Keywords: Dairy, management, heifer rearing, health, age at first calving, production.

1. INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de una explotación lechera se basa, principalmente, en los ingresos generados por la leche, menos los costos de producción, alimentación y salud (Hultgren et al., 2011). El reto de incrementar los niveles de producción, mientras se busca disminuir el impacto ambiental, ha instado a los productores a buscar altos rendimientos de la mano de protocolos de crianza efectivos, con el objetivo de minimizar los costos de producción y lograr altos índices de rendimiento productivo bajo sistemas de pastoreo (Coffey et al., 2016).

En el trópico, los sistemas de producción de leche, con animales *Bos taurus*, están limitados por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio tropical, incluyendo temperatura, humedad y precipitación, afectan, de manera considerable, el comportamiento productivo de las vacas lecheras, al disminuir su producción y condicionando el manejo de los animales, lo cual limita la expresión del potencial genético (Carvajal-Hernández et al., 2002).

Distintos autores reportan que la PPL está influenciada por la tasa de crecimiento y también por la edad al primer parto (EPP), los cuales tiene una correlación positiva con los

niveles de producción de leche de la primera lactancia (Casas y Tewolde, 2001; Castillo-Badilla et al., 2013b; Salazar-Carranza et al., 2014). El sector, a nivel mundial, con el fin de maximizar los niveles de producción, se ha enfocado en mantener la EPP entre los 21 y 24 meses, para disminuir los costos del período de desarrollo de la ternera y poder buscar una vida productiva más larga (Ettema y Santos, 2004; Haworth et al., 2008). Para este estudio, en particular, se toma la EPP como una de las variables de animal de mayor peso, debido a la amplia discusión que se ha realizado sobre la correlación existente entre la EPP y los niveles de producción de una hembra bovina (Pirlo et al., 2000; Castillo-Badilla et al., 2013b; Mohd Nor et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2014).

Por otra parte, el incremento, en la eficiencia de variables modificables, como las prácticas de manejo: alojamiento, salud y alimentación, puede tener un impacto positivo sobre la economía de la finca, pues estas garantizan un desarrollo óptimo de los animales, con un incremento subsecuente del rendimiento productivo y la longevidad del animal dentro del hato (Heinrichs y Heinrichs, 2011).

Cuando se estudia los factores que influyen sobre la producción de leche, los análisis se concentran en aquellas variables que se presentan en el animal adulto, como: la temperatura, dieta, entre otros; sin embargo, muchas veces los efectos de la crianza, en la capacidad productora de una hembra bovina, se dejan por fuera.

En Costa Rica, se ha conducido varios estudios del efecto de variables del animal, así como los parámetros productivos, reproductivos y el ambiente, sobre la producción de la primera lactancia (Vargas Leitón y Ulloa, 2008; Vargas-Leitón y Ulloa, 2008; Castillo Badilla et al., 2013; Salazar-Carranza et al., 2013). A la fecha, no existe estudios poblacionales que relacionen factores del individuo y del ambiente con los componentes de manejo durante período de crianza, por lo cual, este estudio busca analizar el efecto de estos elementos sobre la PPL de vacas, de dos grupos raciales, en las principales zonas lecheras de Costa Rica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño y población del estudio

Se realiza un estudio de cohorte retrospectivo, mediante el análisis de la información productiva y reproductiva de 2747 vacas, pertenecientes a 22 fincas de las principales zonas lecheras de Costa Rica, que presentaron su primer parto entre los años 2013 y 2015, con datos plausibles y completos para su procesamiento estadístico (dentro de rangos biológicos probables).

Se incluye 11 fincas de la Región Central, distribuidas en Coronado, Cartago, Poás, Vara Blanca y Los Cartagos; 9 fincas de la región Huetar Norte, específicamente de la zona de Ciudad Quesada, Sucre, Aguas Zarcas y Río Cuarto; por último, 2 fincas de la región Chorotega y la Región Pacífico Central, ubicadas en Guayabo y en Caldera.

Las fincas incluidas cuentan con información completa respecto a registros productivos, reproductivos, sanitarios y alimenticios; además, con la anuencia del propietario para facilitar la información complementaria (protocolos de vacunación, desparasitación, análisis de suelos, pastos, entre otros). Además, los animales debían haber alcanzado su pico de producción de leche (aproximadamente 2 meses posteriores al parto), con la finalidad de realizar la proyección a 305 días.

2.2. Recolección de Datos y descripción de las variables

Se utiliza la base de datos nacional de las fincas registradas en el programa VAMPP Bovino 3.0, en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS); del Programa de Investigación en Medicina Poblacional (MedPob), de la Escuela de Medicina Veterinaria – Universidad Nacional (EMV-UNA) (Pérez et al., 1989; Baaijen y Pérez, 1995).

También, se incluye información recolectada por medio de una encuesta, diseñada *ad hoc*, a los responsables de los hatos seleccionados, con la finalidad de obtener información de las prácticas de manejo relacionadas con la crianza de reemplazos y estrategias reproductivas (Anexo 1).

La variable dependiente es la producción de leche en la primera lactancia (PPL); las variables independientes se clasifican en dos categorías: asociadas al animal o al ambiente, como modificables o no modificables. Esta última se refiere a la posibilidad de ser alterada, especialmente en corto plazo, por el ser humano (Cuadro 1). Dentro de esta clasificación, la variable de manejo se clasificó como modificable; las variables: EPP, raza, año y mes del primer parto se clasifican como no modificables.

Con el fin de categorizar las fincas, según su nivel de manejo (alto, medio, bajo), se utilizan 39 variables de la encuesta, relacionadas con el manejo de los reemplazos, en la cual, la información se clasifica en tres grandes áreas del manejo: salud, alojamiento y manejo nutricional de las terneras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de las variables de animal y ambiente, modificables y no modificables.

Variable	Condición	Escala de Medición	Categorías
Raza	No Modificable	Categórica	Holstein o Jersey
Año de primer parto	No modificable	Categórica	Según el año Calendario
Mes del primer parto del animal	No modificable	Categórica	Según el mes del año: Enero a Diciembre
Edad al primer Parto	No modificable	Categórica	22 a 34 meses de edad (obtenidos por redondeo al más próximo)
Hato	No modificable	Categórica	Según el hato de procedencia
Manejo Global	Modificable	Categórica	Alto: >101 puntos Medio: 75 y 101 puntos Bajo: <75 puntos

En el área de salud, se incluye variables relacionadas con el estatus sanitario del hato, tales como: protocolos de vacunación, políticas de reemplazo, higiene, visita regular de un médico veterinario, prevalencia de enfermedades gastrointestinales, respiratorias y onfaloflebitis, registro de muertes pre-destete y manejo de los casos clínicos. En el área de alojamiento se considera el tipo de estabulado; si se alojan de forma grupal o individual, el tipo de piso, si este era o no elevado, el tipo de cama y la división entre una cuna y otra. En el área de alimentación, se incluye variables como el tipo de leche ofrecida a la ternera (reemplazador o leche entera); si esta se sometía a algún tipo de análisis determinado como: medición de células somáticas, ausencia de mastitis o residuos de antibiótico; si se

pasteurizaba previo a ofrecerla a las terneras; igualmente, si la dieta de las terneras tenía aporte de concentrado, heno o pasto fresco.

Cuadro 2. Puntuaciones asignadas, por categoría de las variables de manejo, asociadas a las áreas de Salud, Alojamiento y Alimentación

Área	Variable de manejo	Descripción de Categorías	Puntuación	
Salud	Política de reemplazos	Reemplazos se desarrollan en la finca y se adquieren de afuera	0	
		Reemplazos se desarrollan solo animales nacidos en la finca	12	
	Calidad de higiene	Desinfección superficial o nula	0	
		Desinfección profunda	6	
	Producto de limpieza	Cal, carbolina, cloro, agua caliente o ningún producto	0	
		Mezcla comercial de ácidos orgánicos, biocidas orgánicos, inorgánicos y surfactantes.	6	
	Separación de las crías	Después de las 2hrs	0	
		Primeras 2hrs	5	
	Visita Veterinaria	Visita del médico Veterinario poco frecuente (>30 días)	0	
		Visita del médico Veterinario cada 30días o menos	8	
	Áreas de inspección del médico veterinario	No inspecciona el área de maternidad, registros de la finca y los animales	0	
		Inspecciona el área de maternidad, registros de la finca y los animales	0	
	Vacunas	Únicamente Brucella	Únicamente Brucella	0
			Brucella, clostridial y agentes virales (IBR, BDV, parainfluenza, sinciatal bovino, leptospira)	12
		Edad de la vacunación	≥4 meses	0
			<3 meses	8
		Casos de enfermedades (por cada 10 terneras)	≥3 casos de onfaloflebitis, problemas respiratorios o diarrea	0
			≤2 casos de onfaloflebitis, problemas respiratorios o diarrea	5
Mortalidad (casos por cada 10 terneras)		>3 casos de muerte los primeros 6 meses de vida	0	
		1-2 casos de muerte los primeros 6 meses de vida	4	
Atención de casos clínicos	No hay casos de muerte los primeros 6 meses de vida	4		
	No hay tratamiento temprano de síntomas, separación de los animales enfermos y desinfección profunda de las instalaciones donde alojan terneras enfermas	0		
Alojamiento	Estabulo	Tratamiento temprano de síntomas, separación de los animales enfermos y desinfección profunda de las instalaciones donde alojan terneras enfermas	10	
		Estabulo completo	0	
	Alojamiento	Semiestabulado	1	
		Alojamiento grupal	0	
	Piso	Alojamiento individual	5	
		Piso no elevado (concreto, madera)	0	
	Cama	Piso elevado	2	
		Cama de material orgánico	0	
	Divisiones	Cama de material inorgánico	3	
		Divisiones abiertas	0	
Alimentación	Técnicas de alimentación	Divisiones sólidas de madera, cemento u otro.	4	
		Alimentador semiautomático	0	
	Tipo y calidad de leche	Chupón, balde o ambas	5	
		Leche de descarte	0	
	Análisis de leche	Reemplazador o leche entera de buena calidad, o pasteurizada	8	
		No hacen análisis de la leche	0	
	Ingredientes en la dieta	Mastitis, residuos de antibióticos, paratuberculosis, y leucosis	8	
		Concentrado	0	
	Concentrado y heno o pasto fresco	6		

A cada variable, incluidas por categoría: salud, alojamiento y alimentación; se le asigna una puntuación determinada, según las condiciones observadas, al utilizar diferentes ponderaciones, mediante escalas discretas, asociadas a la importancia relativa de cada variable (Cuadro 2). Acorde con la escala utilizada, la máxima puntuación posible, para una finca con condiciones óptimas en todas las variables, es de: 80 en el área de salud, 15 en la de alojamiento, y 27 en la de alimentación, para un total de 122 en el manejo global.

Seguidamente, se realiza la sumatoria de los puntajes otorgados para las tres áreas de manejo: salud, alimentación y alojamiento, para obtener la puntuación de la variable de manejo global. Para clasificar las fincas, según el tipo de manejo, en alta, media o baja, se calcula el valor de los quintiles y utilizar los valores de la sumatoria como referencia para la categorización. Por tanto, se clasifica como fincas con manejo alto a aquellas con más de 101 puntos (quintil superior); media, con puntuación entre 75 y 101; baja, con menos de 75 puntos (quintil inferior) (Cuadro 1).

2.3. Análisis estadístico

Para el análisis del efecto de las variables de animal y ambiente sobre la PPL, se ejecuta un Modelo Lineal Generalizado. El modelo estadístico, para la producción de la primera lactancia, se describe a continuación:

$$Y = \mu + \beta_1 Mg + \beta_2 Ap + \beta_3 Mp + \beta_4 R + \beta_5 EPP + \beta_6 (R \times EPP) + \beta_7 (R \times Mg) + \beta_8 H(R \times Mg) + \zeta$$

En la cual:

- Y : Kilogramos de Producción de leche corregida a 305-días en Primera Lactancia (PPL).
- μ : Media general
- $\beta_1 Mg$: Efecto fijo de las prácticas de manejo global (Alta, media, baja).
- $\beta_2 Ap$: Efecto fijo del año del primer parto (2013, 2014, 2015)
- $\beta_3 Mp$: Efecto fijo del mes del primer parto (Enero a Diciembre).

- β_4R : Efecto fijo de la raza (Holstein, Jersey).
- β_5EPP : Efecto fijo de la edad al primer parto (en categorías mensuales desde 22 hasta 34 meses)
- $\beta_6(R \times EPP)$: Efecto fijo de la interacción de raza \times edad al primer parto.
- $\beta_7(R \times Mg)$: Efecto fijo de la interacción de raza \times manejo global.
- $\beta_8H(R \times Mg)$: Efecto fijo del hato anidado dentro de grupos de raza \times manejo.
- ξ : Error residual aleatorio.

Los análisis estadísticos se realizan con el programa SAS versión 9.4, con su rutina GLIMMIX (SAS Institute Inc, 2010). En el modelo, se asume una distribución normal para la variable de respuesta (PPL) y se utiliza una función de enlace identidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche promedio, a 305 días, en los animales estudiados, fue de 5485.8 kg (\pm 1547.8). Asimismo, la EPP promedio fue de 27.4 meses (\pm 4.7; IC95%=27.2-27.6 meses).

En la Figura 1, se observa la heterogeneidad de la producción de leche de la primera lactancia, tanto dentro como entre las fincas estudiadas. Dentro de las fincas, con mayores índices de producción, se encuentran la 1 y la 20; ambas ubicadas en zonas de altura, específicamente en Vara Blanca y Sucre. Por otra parte, la Finca 8 y 18 presentan las medias de producción más bajas entre los hatos estudiados; ambas explotaciones ubicadas en regiones de bajura.

El modelo lineal generalizado convergió satisfactoriamente ($P < 0.001$), con un cumplimiento adecuado de los supuestos de normalidad, independencia y varianza constante de los residuos, demostrando un efecto significativo de la mayoría de las variables de animal y ambiente sobre la PPL (Cuadro 3).

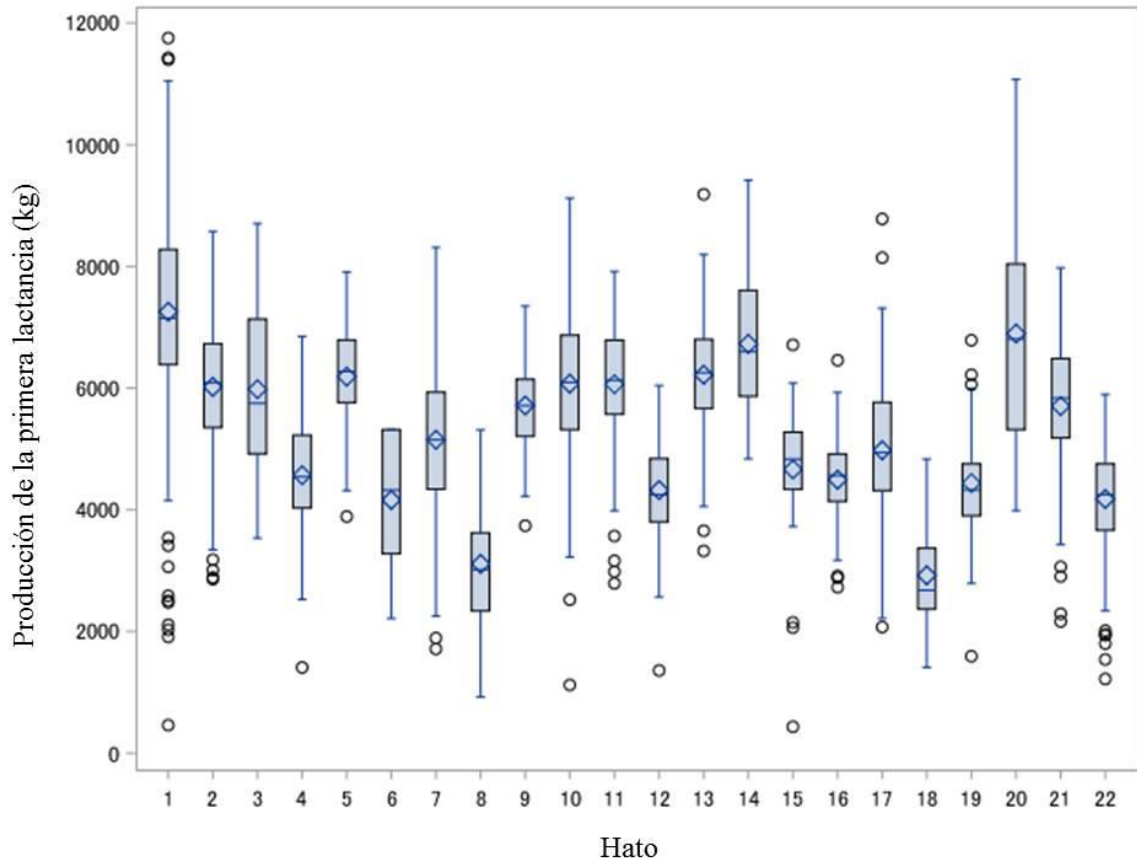


Figura 1. Diagramas de caja de la variable Producción de la Primera Lactancia (PPL) en función del hato de procedencia

Las vacas Holstein presentan una producción promedio, a 305 días, de 5360.1 kg (IC95%: 5158.2-5562.1); 666 kg más de lo reportado para la raza Jersey (PPL: 4694.1kg; IC95%: 4578.5-4809.7) (Cuadro 3). Estos resultados se comportan, de manera similar, a lo reportado en estudios previos, en los cuales, las vacas Holstein presentan entre 12 y 19% más de producción de leche que las Jersey, y los cruces entre ambas razas (Washburn et al., 2002; Coffey et al., 2016). La raza Holstein se considera la productora de leche por excelencia, al mantener, de forma histórica, mejores índices de producción láctea (Heins et al., 2008). Sin embargo, en muchos casos se observa una merma en el rendimiento de cualidades deseables en la leche, como la cantidad de sólidos, así como una disminución del rendimiento reproductivo, a diferencia de la raza Jersey o el cruce de ambas razas (Heins et al., 2008; Vance et al., 2012).

Con respecto al año del primer parto, las hembras con primer parto en 2013, presentan niveles de producción de leche ligeramente más elevados (PPL: 5120.4kg; IC95%: 4992.8-5248.1) que las vacas paridas por primera vez en los años 2014 y 2015 (Cuadro 3). El efecto año del primer parto, sobre la PPL, se puede asociar con las características climáticas que se presentan durante un determinado período. Al tratarse de hatos que mantienen sus animales en sistemas de pastoreo o semi estabulado, la calidad de las pasturas puede afectar el balance nutricional; por tanto, influir en los niveles de producción de leche (González, 2011). Los factores climáticos, asociados al año, tienen un efecto importante sobre la producción de leche. Actualmente, las variaciones constantes, producto del cambio climático, han implicado mayores desventajas a nivel de la producción animal (Arias et al., 2008). Se ha analizado la influencia marcada que produce el ambiente en el cual se desarrollan los animales, sobre sus mecanismos fisiológicos, así como el comportamiento y la salud del ganado, que alterados pueden afectar significativamente su desempeño económico (Arias et al., 2008).

Se determina que el mes del primer parto de la hembra puede afectar la PPL (P: 0.0011), al evidenciar una tendencia a la baja en los meses de transición climática. Los animales que parieron, por primera vez, en junio, julio y agosto, registraron valores de producción de leche más bajos, con producciones de 4937.6kg (IC95%:4761.9-5113.3), 4915.3 kg (IC95%:4734.0-5096.7) y 4810.7kg (IC95%:4638.4-4982.9) respectivamente. Por otra parte, las vacas paridas en enero (PPL: 5201.7kg; IC95%: 5036.8-5366.7) y marzo (PPL: 5204.1kg; IC95%: 5025.0-5383.2) presentan mayores niveles de producción de leche (Cuadro 3). Este comportamiento podría estar ligado a la ubicación de las fincas, que se encuentran distribuidas en diferentes ecozonas del país. Por tanto, la distribución de las lluvias y la radiación, en cada mes, es variable. Estos factores favorecen la producción de forraje, pues, conforme se incrementa la precipitación, el pasto es más húmedo y el contenido de materia seca se reduce, afectando el desempeño productivo de los animales (Wing-Ching Jones et al., 2008; Villalobos y Sánchez, 2010).

Cuadro 3. Medias marginales (e intervalos de confianza 95%) de Edad a Primer Parto (EPP, días) para los distintos estratos de las factores relacionados con el animal y ambiente.

Factor	Estrato	Media Marginal	Intervalo de Confianza 95%		Valor de P
			LI	LS	
Raza	Holstein	5360.1	5158.2	5562.1	<.0001
	Jersey	4694.1	4578.5	4809.7	
Año del Primer Parto	2013	5120.4	4992.8	5248.1	0.0014
	2014	4941.9	4813.8	5070.1	
	2015	5019.0	4885.5	5152.5	
Mes del Primer Parto	Ene	5201.7	5036.8	5366.7	0.0011
	Feb	5025.9	4850.8	5200.9	
	Mar	5204.1	5025.0	5383.2	
	Abr	5017.9	4839.6	5196.1	
	May	4997.8	4820.7	5174.8	
	Jun	4937.6	4761.9	5113.3	
	Jul	4915.3	4734.0	5096.7	
	Ago	4810.7	4638.4	4982.9	
	Sep	4970.8	4790.4	5151.2	
	Oct	5092.3	4917.7	5266.9	
	Nov	5016.9	4843.3	5190.6	
	Dic	5134.6	4957.8	5311.3	
Manejo global	Alto	5837.5	5662.1	6012.8	<.0001
	Medio	5224.0	5103.5	5344.6	
	Bajo	4019.9	3747.6	4292.1	

* P= Valor de P para el efecto del factor correspondiente. LI= límite inferior. LS= límite superior.

Para EPP, menor a los 26 meses, se observa una tendencia marcada de incremento en la producción de leche, conforme se aumenta la EPP (Figura 2). A partir de los 26 meses de EPP, la PPL tiende a estabilizarse. Los animales que parieron por vez primero a los 22 meses de edad, produjeron 1128.86 kg menos (PPL: 4278.1kg; IC95%: 4060.6-4495.7) que las vacas paridas con 34 meses de edad (PPL: 5407.0; IC95%: 5225.5-5588.5).

El objetivo primordial, de los protocolos de desarrollo de reemplazos, es la crianza de las terneras para formar parte del hato productivo; que estas logren su máximo potencial en términos de producción de leche y longevidad dentro de la finca. La EPP juega un rol fundamental como parámetro evaluador de la calidad del manejo de una novilla durante su período prepuberal (Pirlo et al., 2000). Esta refleja la tasa de crecimiento de una novilla; el

momento de su vida en la que está preparada para tener una primera lactancia exitosa, con altos valores de producción de leche (Ettema y Santos, 2004; Bach, 2011).

Varios autores han reportado los 24 meses de vida como la edad idónea para el primer parto, con el fin de reducir el rubro económico de la etapa de desarrollo sin afectar el rendimiento productivo de la novilla. Sin embargo, esto es posible únicamente manejando una buena alimentación y control del peso durante la etapa prepuberal (Meyer et al., 2004; Ettema y Santos, 2004). El efecto negativo, que tiene el inicio temprano de la vida reproductiva sobre la producción de leche, se asocia a distintos factores, tales como baja condición corporal durante la etapa prepuberal y al momento del parto (Pirlo et al., 2000).

La relación de la EPP, sobre la producción de leche, ha sido ampliamente discutida. Se ha reportado una relación directa, significativa, entre EPP y PPL (Vargas-Leitón y Ulloa, 2008; Castillo-Badilla et al., 2013b; Salazar-Carranza et al., 2014). Animales con EPP menores a 26 meses representan una disminución de los costos de crianza. Sin embargo, presentan un menor desempeño, tanto en el nivel de producción de leche, como en el porcentaje de grasa y proteína (Pirlo et al., 2000; Nilforooshan y Edriss, 2004; Berry et al., 2008). No obstante, es importante tomar en cuenta que la producción de leche no se incrementa, de forma sustancial, cuando los animales tienen valores de EPP mayores a los 26 meses; por lo cual, no es rentable que las hembras inicien su vida productiva posterior a ese momento.

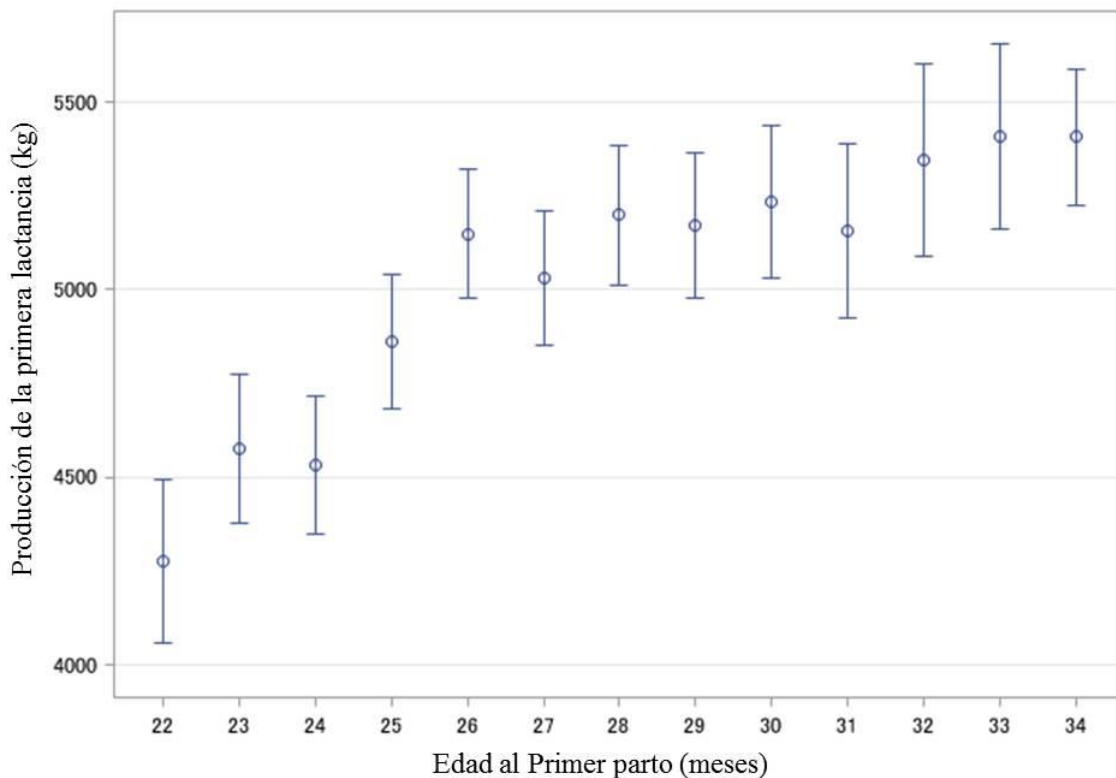


Figura 2. Medias marginales e intervalo de confianza 95% para Producción de la Primera Lactancia según categoría de Edad a Primer Parto (meses).

Por otra parte, es importante relacionar el efecto del crecimiento y peso corporal con la EPP. Un estudio, realizado en Costa Rica, encontró que la velocidad de crecimiento, durante la crianza y la edad al primer parto, muestran un efecto lineal positivo sobre la PPL (Solano-Patiño y Vargas-Leitón, 1997). En este estudio, la variable de peso corporal no se incluye en el modelo, debido a la falta de información registrada para las fincas incluidas.

Al analizar el efecto de la EPP en interacción con la raza, se confirma la tendencia mencionada, de un incremento en la PPL conforme la EPP aumenta (Figura 3). Sin embargo, esta tendencia es más marcada en las vacas Holstein. Los animales con mayor EPP presentan mayor producción de leche en la primera lactancia (PPL: 5917.5kg; IC95%: 5661.5-6173.4); lo cual difiere, de forma significativa, de las novillas que llegan muy jóvenes al primer parto. Estas presentan una producción de leche a 305 días de 4145.8 kg (IC95%: 3780.1-4511.7). Para la raza Jersey, la diferencia, entre las novillas que parieron

con 22 meses de edad (PPL: 4410.3; IC95%: 4174.8-4646.0) y las paridas con 33 meses (PPL: 5054.8; IC95%: 4701.3-5408.2) fue de 644 kg (Figura 3). Resultados similares han sido reportados por distintos autores, quienes caracterizan la raza Holstein a tener una tendencia a mayor producción de leche (Vargas-Leitón y Ulloa, 2008; Cooke et al., 2013). Distintos estudios concuerdan en que, a mayor EPP los valores de producción de leche se ven incrementados, tanto en animales Jersey como Holstein (Pirlo et al., 2000; Castillo-Badilla et al., 2013b; Salazar-Carranza et al., 2014).

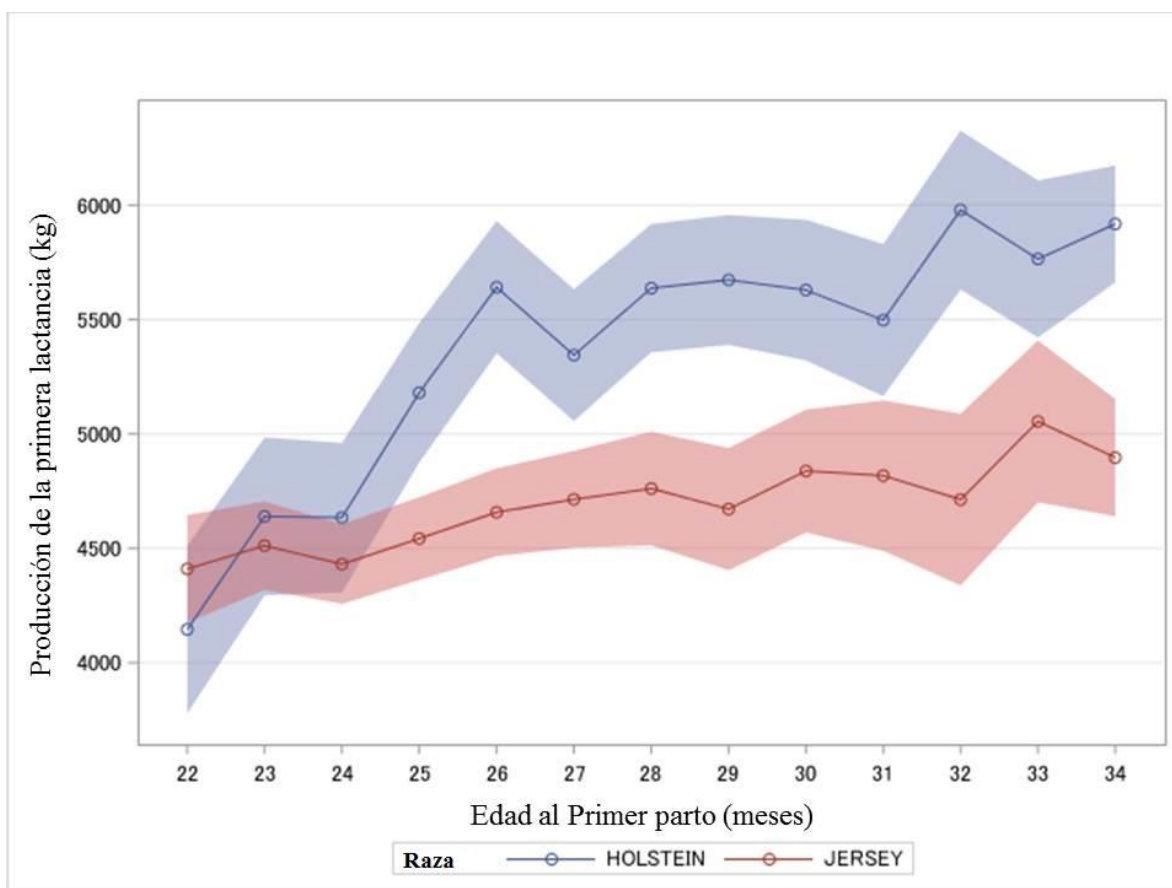


Figura 3. Medias marginales e intervalo de confianza 95% para la interacción de la variable de EPP con la raza (Jersey y Holstein).

Para analizar las diferentes variables, relacionadas con el período de crianza de terneras, se agrupan: las prácticas de salud, alojamiento y alimentación en una variable global denominada “manejo”, la cual, posteriormente se explora en el modelo estadístico,

tanto de forma independiente como en asociación con la raza y la finca. De forma histórica, se ha estudiado los efectos de estos factores de forma independiente. Por lo cual, el soporte de la literatura, sobre el efecto como variable conjunta, es escaso a la hora de explicar los resultados obtenidos bajo este tipo de metodología.

Debido al criterio de agrupación, utilizado para la clasificación de hatos, según el manejo global, correspondió a los quintiles. La mayoría de fincas se ubica en categoría media (Cuadro 4). Al analizar las 22 fincas, según la variable parcial de salud, de un total de 80 puntos máximo, las fincas con eficiencia sanitaria alta obtuvieron un promedio de 72.2 puntos (± 2.9); 59 puntos (± 6.6) para las de eficiencia media y 40.7 puntos (± 1.5) para las fincas con manejo sanitario de baja calidad. Con respecto a las prácticas de alojamiento, (Puntaje máximo: 15) 4 presentan buena calidad de las instalaciones, con un promedio de puntaje de 14 puntos (± 0), 13 con alojamiento medio (Promedio: 10.4 puntos; ± 10) y 5 con mala calidad de alojamiento (Promedio: 3.8 puntos; ± 2.4). Seguidamente, las prácticas de alimentación (Puntaje máximo: 27) presentaron un 22.7% de fincas con un manejo considerado alto (Promedio: 26 puntos; ± 2.23); 63.6% de explotaciones con manejo medio (Promedio: 17 puntos; ± 3.7) y 13.6% de manejo alimentario deficiente (Promedio: 10 puntos; ± 1.7).

Cuando se examina los resultados obtenidos por finca, se puede concluir que los rubros de alimentación y alojamiento son los que se acercan más al puntaje máximo por categoría; lo cual sugiere que es más probable que las fincas fallen en el manejo sanitario de las terneras que en el alojamiento y alimentación. La mayoría de las fincas cuenta con instalaciones para terneras que se acercan a las condiciones ideales, tales como alojamiento individual, piso elevado y divisiones cerradas. Además, la mayoría de fincas maneja protocolos de alimentación adecuados, con dietas para terneras que incluían leche (entera o reemplazador), concentrado y pasto fresco o heno, ingredientes esenciales para el desarrollo de una ternera. Sin embargo, el rubro de la variable de alimentación, con mayor cantidad de problemas, corresponde al análisis de la leche para alimentación de los reemplazos; en las cuales, los análisis para antibióticos o mastitis, son escasos o nulos en muchas de las fincas visitadas.

Cuadro 4. Frecuencias absolutas y relativas (%) de fincas y animales según variables de salud, alojamiento y alimentación, y según manejo global, en fincas lecheras especializadas de Costa Rica.

Variable	Categoría	# Fincas	% Fincas	# Animales	% Animales	Puntaje Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Prácticas de Salud (puntaje máximo= 80)	Alto	5	22.7	656	23.9	72.2	2.9	70.0	77.0
	Medio	14	63.6	1878	68.4	59.0	6.6	47.0	69.0
	Bajo	3	13.6	213	7.7	40.7	1.5	39.0	42.0
Prácticas de Alojamiento (puntaje máximo= 15)	Alto	4	18.2	329	12.0	14.0	0.0	14.0	14.0
	Medio	13	59.1	1932	70.3	10.4	10.0	9.0	12.0
	Bajo	5	22.7	486	17.7	3.8	2.4	0.0	6.0
Prácticas de Alimentación (puntaje máximo= 27)	Alto	5	22.7	824	30.0	26.0	2.2	22.0	27.0
	Medio	14	63.6	1514	55.1	17.0	3.7	12.0	21.0
	Bajo	3	13.6	409	14.9	10.0	1.7	8.0	11.0
Clasificación de manejo									
Manejo global (puntaje máximo= 122)	Alto	4	21.9	602	22.1	105.0	1.4	104	107
	Medio	14	61.0	1675	60.2	89.0	9.1	75	101
	Bajo	4	17.1	470	17.7	62.5	11.6	49	74
Total		22	100	2747	100				

DE: Desviación estándar.

Por otra parte, en el área de salud es donde se encuentra la mayor cantidad de inconformidades que repercuten en el rendimiento futuro de una novilla. Las prácticas de higiene no son las ideales en muchas de las fincas visitadas, al utilizar productos de mala calidad o una baja frecuencia de la limpieza de instalaciones. Asimismo, el número de casos clínicos, durante el período de desarrollo, afecta la calificación parcial que tengan las fincas por categoría. Además, el manejo sanitario corresponde al rubro más difícil de manejar; este repercute con mayor peso en los parámetros reproductivos, como la EPP.

Con respecto a la sumatoria de las variables parciales en manejo global; de las 22 fincas utilizadas, cuatro se clasificaron como explotaciones con manejo alto (Media: 105 puntos; ± 1.41), 14 de manejo medio (Media: 89.07 puntos; ± 9.05), y cuatro de manejo bajo (Media: 62.50 puntos; ± 11.56), las cuales cuentan con un total de 602, 1675 y 470 animales, respectivamente (Cuadro 4). Además, las fincas de manejo medio, tienen mayor cercanía de puntaje total a las fincas de manejo alto, que aquellas de baja calidad. Por ejemplo, las fincas de manejo global medio presentan solo una diferencia de 16 puntos en el promedio con respecto a las fincas de manejo alto, contrario a lo observado con las bajas, que difieren de las medias por 26 puntos.

La variable de manejo global, analizada en interacción con la raza, en el modelo estadístico, evidencia una disminución de la producción de leche conforme los sistemas de crianza pierden eficiencia, tanto en animales Jersey como Holstein (Figura 4). Las terneras Holstein, desarrolladas con manejo de alta calidad, produjeron 213.9 kg (PPL: 5809.0; IC95%: 5570.6-6047.4) más de leche en su primera lactancia que las novillas con una crianza media y 1132.7 kg más que las de sistemas de baja calidad de manejo (PPL: 4676.3; IC95%: 4158.3-5194.3). En la raza Jersey, se observa la misma tendencia, dado que las terneras, procedentes de sistemas de crianza más eficiente, presentan 2503 kg (PPL: 5865.9; IC95%: 5608.1-6123.7) de leche más que las criadas en sistemas deficientes (PPL: 3363.4; IC95%: 3197.0-3529.8).

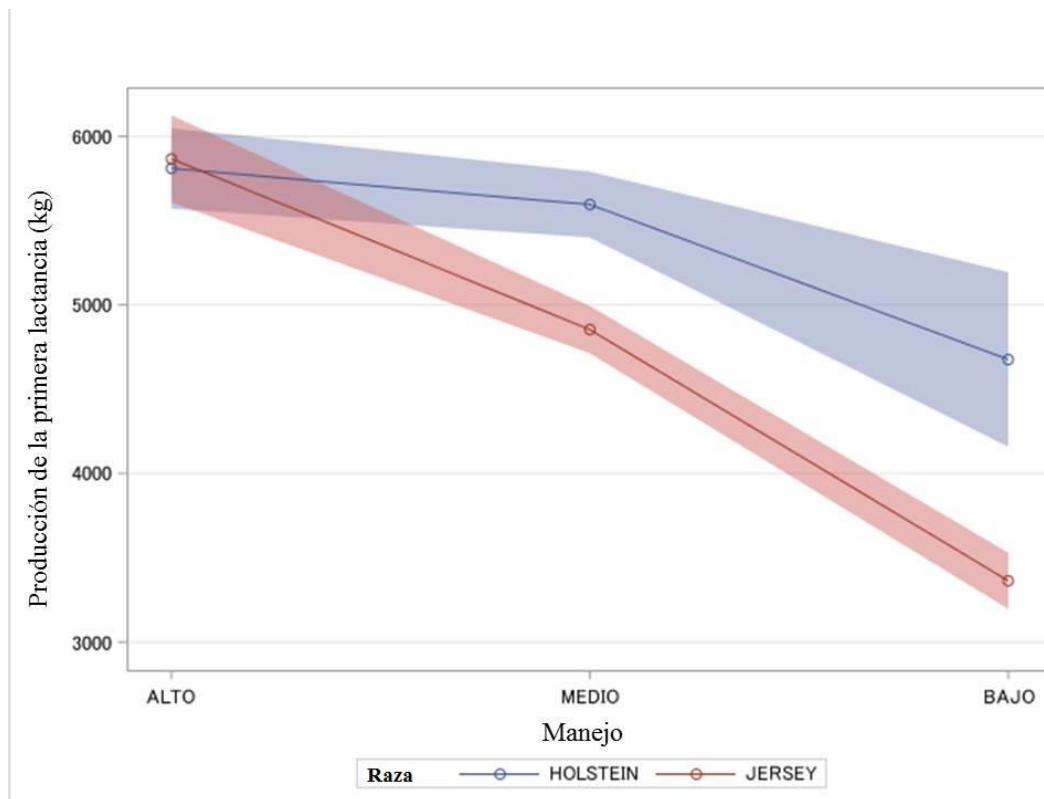


Figura 4. Medias marginales e intervalo de confianza 95% para la interacción de la variable de manejo global (alto, medio y bajo) con la raza (Jersey y Holstein).

La finalidad de los protocolos de crianza de terneras es intentar que el animal pueda manifestar su máximo potencial productivo a lo largo de su vida productiva. Esto se logra manteniendo buenos índices de salud, manejo alimentario e instalaciones durante los primeros meses de vida de la novilla. El peso corporal y estatura, al momento del parto, determina la eficiencia de la producción de leche en la primera lactancia de una novilla (Svensson y Hultgren, 2008). Los resultados obtenidos en este estudio reafirman que los animales sometidos a mejores condiciones de manejo, durante el período de crianza, logran producir más leche en su primera lactancia que aquellos desarrollados en sistemas con carencias de alimentación, alojamiento y salud. Esto se explica por el mejor desarrollo corporal y el peso que alcanzan las novillas al momento de su primera lactancia (Mohd Nor et al., 2013).

Características del alojamiento, como la temperatura, humedad y concentraciones de amoníaco, puede afectar directamente el desempeño productivo de una novilla (Heinrichs

et al., 2005; Hultgren et al., 2008; Mohd Nor et al., 2013), al afectar, de forma directa, el estatus sanitario de la novilla, favoreciendo la aparición de enfermedades. Asimismo, se reporta que, terneras criadas con calostros de buena calidad, con concentraciones altas de inmunoglobulinas, presentan producciones de leche a la primera lactancia superiores y una tasa de mortalidad inferior durante su primer ciclo productivo (Pettersson et al., 2001; Mcguirk, 2008).

Al analizar el efecto fijo del hato, en interacción con los grupos de manejo y raza, se encuentra que, tanto para la raza Holstein (Figura 5) como para la Jersey (Figura 6), existe mucha variación en la PPL de los diferentes hatos, inclusive cuando pertenecen a un mismo nivel de manejo.

En la Figura 5, se puede observar que la Finca 1 corresponde al hato con mayor nivel de producción (PPL: 8295.5; IC95%: 8095.6-8495.5), a pesar de presentar un tipo de manejo medio. Seguidamente, están las Fincas 17 (PPL: 7604.4; IC95%: 6163.5-9045.2) y 20 (PPL: 7475.3; IC95%: 7226.0-7724.5), la primera de manejo medio y la segunda de un sistema de crianza deficiente. Por otra parte, la Finca 18, que cuenta con un sistema de desarrollo de terneras de baja calidad, presenta el valor más bajo de producción de leche, con 2191.2 kg (IC95%: 160.4-4222.0).

En el caso de los hatos de raza Holstein, las fincas con mayores niveles de producción, a pesar de que no corresponden a fincas con protocolos de crianza de terneras de óptima calidad, se encuentran las tres en zonas de altura: Vara Blanca, Sucre y Cartago. Esto es una característica que beneficia los índices de producción de leche, pues cuentan con precipitaciones cercanas a los 2600 mms anuales y temperaturas promedio por debajo de los 19°C (Vargas Leitón et al., 2013). Asimismo, las zonas de altura, se caracterizan por hacer uso de concentrados de buena calidad, suplementos y protocolos de fertilización de potreros, lo cual permite mantener altos índices de producción de leche, a pesar de tener fallas en el período de crianza.

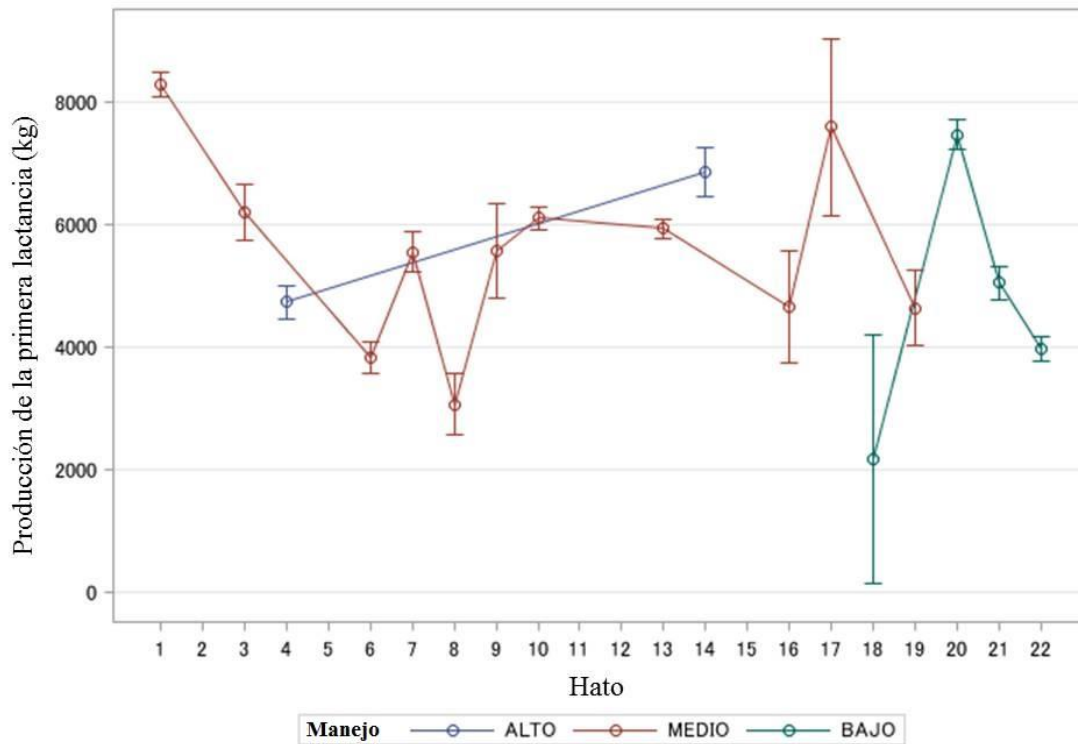


Figura 5. Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Producción de la Primera Lactancia en fincas con raza Holstein agrupadas según nivel de manejo (alto, medio, bajo).

El efecto positivo de las características climáticas se asocia al índice de temperatura y humedad (ITH), herramienta que se ha utilizado, con frecuencia, para estimar el grado de estrés térmico al cual someten los animales de producción de leche. La producción de leche no se verá afectada, siempre y cuando, el ITH se encuentre en valores de 35-72. Sin embargo, el consumo y la producción empiezan a disminuir cuando el ITH supera el 72 (Dikmen y Hansen,; Bouraoui et al., 2002). Esto puede explicar el efecto de altos niveles de producción con muchas inconsistencias en el manejo de terneras. Estas fallas pueden ser, en algunos casos, compensadas por las características de la zona ecológica, que benefician la producción de leche, dado que se manejan en valores de ITH entre el intervalo deseado (35-72).

Asimismo, la finca con menor nivel de PPL, corresponde a una finca ubicada en la zona de bajura. La cual, además, cuenta con manejo del período de desarrollo de terneras de baja calidad. Además, los sistemas ubicados en regiones de bajura, se caracterizan por hacer

menos uso de fertilizantes, concentrados de buena calidad y suplementos, lo que se refleja en valores de producción de leche por vaca menores a lo reportado para zonas de altura en donde la eficiencia del uso del terreno es mayor (Vargas Leitón et al., 2013).

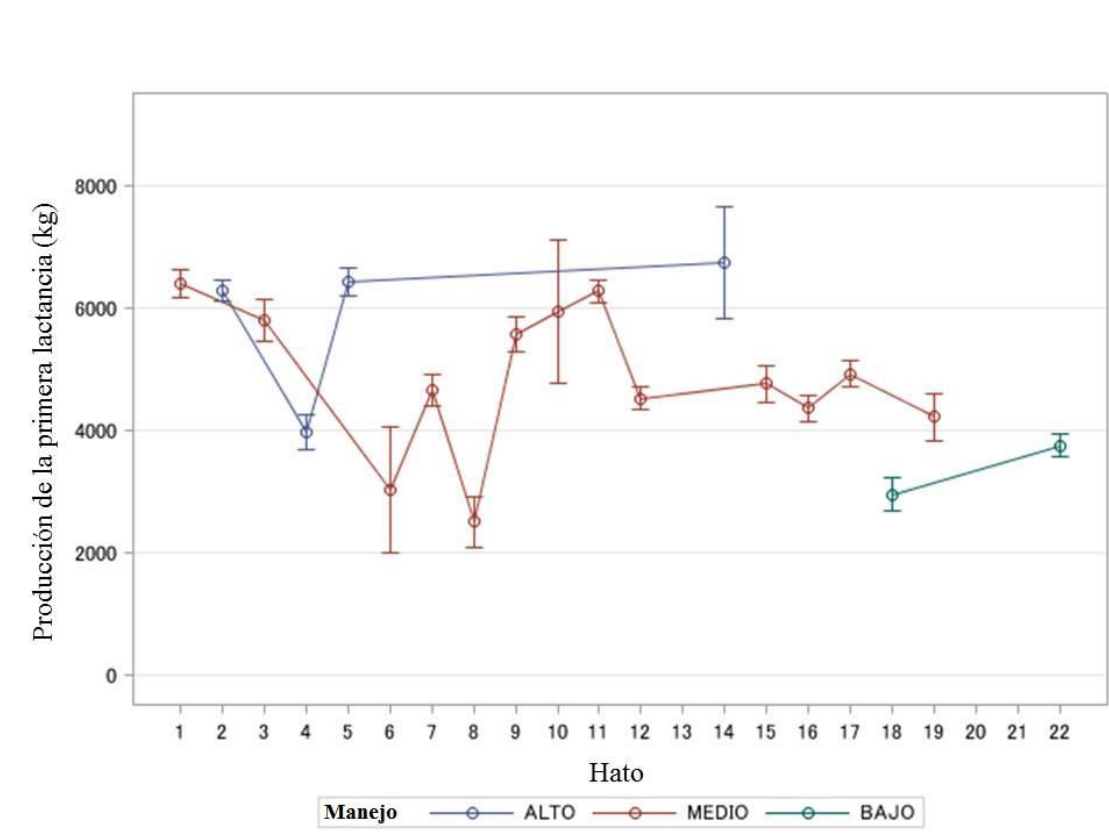


Figura 6. Medias marginales e intervalos de confianza 95% para la variable Producción de la Primera Lactancia en fincas con raza Jersey agrupadas según nivel de manejo (alto, medio, bajo).

Otro aspecto que se asocia a la variabilidad de valores de la PPL, en las fincas estudiadas, es la genética que utiliza cada una de ellas. En Costa Rica, los hatos lecheros especializados tienden a utilizar razas lecheras puras o sus cruces, mientras que las de doble propósito tienden a utilizar cruces de razas Bos indicus×Bos Taurus (Vargas Leitón et al., 2013). En muchos casos, el nivel productivo de los animales de razas especializadas se ve sacrificado por falta de adaptabilidad a las circunstancias ambientales. En el caso de los cruces, por usar tipos raciales de bajo potencial productivo; aunado a la ausencia de una estrategia de mejoramiento genético (Vargas Leitón et al., 2013). La selección de animales, para un hato en particular, se relaciona mucho al sitio ecológico en donde se ubica la finca.

Por ejemplo, en climas templados, la selección de las vacas se da con base en la producción de leche. Sin embargo, en explotaciones de bajura, la adaptabilidad se vuelve un criterio de selección más importante, en donde se busca animales con cascos oscuros y tolerancia a las altas temperaturas.

En el caso de los hatos de la raza Jersey, el comportamiento es distinto (Figura 6), Las fincas con manejo de buena calidad corresponden a las explotaciones con mayores niveles de producción de leche. La finca 14 obtuvo los valores superiores, con una producción para la primera lactancia de 6765.0 kg (IC95%: 5852.6-7677.3), 4252.4 kg más que la Finca 8, que reporta la producción de leche más baja (PPL: 2512.6; IC95%: 2094.6-2930.6). Sin embargo, similar a lo reportado en la raza Holstein, las fincas con mejores índices de producción se ubican en regiones de altura del país. Esto se puede relacionar, entre otros factores, al índice de temperatura y humedad (ITH). Al aumentar la precipitación, la temperatura baja y la humedad relativa aumenta, dando una relación menor a 72 en el ITH, valor que no condiciona al animal a situación de estrés calórico y le permite expresar su potencial genético en términos de producción de leche, al máximo (Wing-Ching Jones et al., 2008; Vargas Leitón et al., 2013).

4. CONCLUSIONES

Factores modificables, como el manejo, que incluye las prácticas de salud, alimentación y características del alojamiento, influyen de forma directa sobre la PPL. Esto es de vital importancia para los productores; dado que pueden hacer uso del conocimiento adquirido para mejorar los protocolos de crianza, a fin de garantizar mejores índices de producción de leche en el futuro; en especial, aunado al reconocimiento de las variables no modificables como la raza y EPP. Las variables modificables permiten realizar cambios de forma rápida para corregir errores y evitar impactos negativos sobre el rendimiento productivo de las vacas lecheras e incrementa la eficiencia de los sistemas lecheros.

Con respecto a la EPP, es importante tomar en cuenta que, tanto la disminución como el incremento marcado, traen aumentos en los costos de producción y reducción del rendimiento productivo de la hembra. Por otra parte, la raza es un punto clave por considerar cuando se recomienda la EPP en una finca productiva. Por tal motivo, según los resultados obtenidos y,

al considerar las condiciones tropicales del país, lo ideal es llevar a los animales a su primer parto, con edades entre los 24 y 26 meses, tiempo en el cual los costos de crianza se mantienen bajos y la producción de la primera lactancia es eficiente.

5. LITERATURA CITADA

- Arias, R., T. Mader, y P. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40(1): 7–22.
- Baaijen, M., y E. Pérez. 1995. Information technology in the Costa Rican dairy sector: A key instrument in extension and on-farm research. *Agric. Hum. Values* 2: 45–51.
- Bach, A. 2011. Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *J. Dairy Sci.* 94(2): 1052–1057.
- Berry, D.P., P. Lonergan, S.T. Butler, A.R. Cromie, T. Fair, F. Mossa, y A.C.O. Evans. 2008. Negative Influence of High Maternal Milk Production Before and After Conception on Offspring Survival and Milk Production in Dairy Cattle. : 329–337.
- Bouraoui, R., M. Lahmar, A. Majdoub, nouer Djemali, y R. Belyea. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res* 51: 479–491.
- Carvajal-Hernández, M., E. Valencia-Heredia, y J. Segura-Correa. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Rev Biomed* 25(1): 25–31.
- Casas, E., y A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. *Anim. Res.* 9(2): 63–67.
- Castillo-Badilla, G., M. Salazar-Carranza, J. Murillo-Herrera, y J.J. Romero-Zúñiga. 2013. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros productivos en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24(1): 177–187.
- Castillo Badilla, G., M. Salazar Carranza, J. Murillo Herrera, y J.J. Romero Zúñiga. 2013. Factores que afectan la edad al primer parto en vacas Jersey de lechería especializada en Costa Rica. *Rev. Ciencias Vet.* 29(1): 7–19.
- Coffey, E.L., B. Horan, R.D. Evans, y D.P. Berry. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *J. Dairy Sci.* 99(7): 5681–5689.
- Cooke, J.S., Z. Cheng, N.E. Bourne, y D.C. Wathes. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open J. Anim. Sci.* 3(1): 1–12.

- Dikmen, S., y P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci* (92): 109–116.
- Ettema, J.F., y J.E.P. Santos. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci.* 87(8): 2730–2742.
- González, H. 2011. Fecha de parto: Factor fundamental en un sistema pastoril de producción de leche. *Inf. Agrolechero* 8(23): 14–17.
- Haworth, G., W., Tranter, J., Chuck, Z. Cheng, y D., Wathes. 2008. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity in dairy cows. *Vet. Rec.* (162): 643–647.
- Heinrichs, A.J., y B.S. Heinrichs. 2011. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94(1): 336–341.
- Heinrichs, A.J., B.S. Heinrichs, O. Harel, G.W. Rogers, y N.T. Place. 2005. A Prospective Study of Calf Factors Affecting Age, Body Size, and Body Condition Score at First Calving of Holstein Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 88(8): 2828–2835.
- Heins, B.J., L.B. Hansen, A.J. Seykora, D.G. Johnson, J.G. Linn, J.E. Romano, y A.R. Hazel. 2008. Crossbreds of Jersey × Holstein Compared with Pure Holsteins for Production , Fertility , and Body and Udder Measurements During First Lactation. *J. Dairy Sci.* 91: 1270–1278.
- Hultgren, J., C. Svensson, D.O. Maizon, y P.A. Oltenacu. 2008. Rearing conditions, morbidity and breeding performance in dairy heifers in southwest Sweden. *Prev. Vet. Med.* 87(3–4): 244–260.
- Hultgren, J., C. Svensson, y M. Pehrsson. 2011. Rearing conditions and lifetime milk revenues in Swedish dairy cows. *Livest. Sci.* 137(1–3): 108–115.
- Mcguirk, S.M. 2008. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. *Vet Clin Food Anim* (24): 139–153.
- Meyer, M.J., R.W. Everett, y M.E. Van Amburgh. 2004. Reduced age at first calving: effects on lifetime production, longevity, and profitability. *Dairy Day* (1986).
- Mohd Nor, N., W. Steeneveld, T. van Werven, M.C.M. Mourits, y H. Hogeveen. 2013. First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96(2): 981–992.
- Nilforooshan, M.A., y M.A. Edriss. 2004. Effect of Age at First Calving on Some Productive and Longevity Traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. *J. Dairy Sci* 87: 2130–2135.

- Pérez, E., M. Baaijen, E. Capella, y H.W. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. p. 221–224. *En* 6th International Conference of Institutes for Tropical Veterinary Medicine. Utrecht, The Netherlands.
- Pettersson, K., C. Svensson, y P. Liberg. 2001. Housing, feeding and management of calves and Replacement heifers in Swedish Dairy Herds. *Acta vet. scand* 42(4): 465–478.
- Pirlo, G., F. Miglior, y M. Speroni. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83(3): 603–608.
- Salazar-Carranza, M., G. Castillo-Badilla, J. Murillo-Herrera, F. Hueckmann-Voss, y J.J. Romero-Zúñiga. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24(2): 233–243.
- Salazar-Carranza, M., G. Castillo-Badilla, J. Murillo-Herrera, F. Hueckmann-Voss, y J.J. Romero-Zúñiga. 2014. Effect of Age at First Calving on First Lactation Milk Yield in Holstein Cows from Costa Rican Specialized Dairy Herds. *Open J. Vet. Med.* 4: 197–203.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT 9.22 User's Guide.
- Solano-Patiño, C., y B. Vargas-Leitón. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica: Tipificación del crecimiento de novillas Holstein y Jersey. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 21–36.
- Svensson, C., y J. Hultgren. 2008. Associations between housing, management, and morbidity during rearing and subsequent first-lactation milk production of dairy cows in southwest Sweden. *J. Dairy Sci.* 91(4): 1510–1518 Available at <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0235>.
- Vance, E.R., C.P. Ferris, C.T. Elliott, H.M. Hartley, y D.J. Kilpatrick. 2012. Comparison of the performance of Holstein-Friesian and Jersey × Holstein-Friesian crossbred dairy cows within three contrasting grassland-based systems of milk production. *Livest. Sci.* 151: 66–79.
- Vargas-Leitón, B., y J. Ulloa. 2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(7): 1–17.
- Vargas Leitón, B., O. Solís Guzmán, F. Saenz Segura, y H. León Higaldo. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agron. Mesoam.* 24(2): 257–275.
- Vargas Leitón, B., y J. Ulloa. 2008. Relación entre crecimiento y curvas de lactancia en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(8): 1–17.

- Villalobos, L., y J.M. Sánchez. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron. Costarric.* 34(1): 43–52.
- Washburn, S.P., W.J. Silvia, C.H. Brown, B.T. Mcdaniel, y A.J. Mcallister. 2002. Trends in Reproductive Performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI Herds. *J. Dairy Sci* 85: 244–251.
- Wing-Ching Jones, R., R. Pérez, y E. Salazar. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: El caso del módulo lechero SDA/UCR. *Agron. Costarric.* 32(1): 87–94.

CONCLUSIONES GENERALES

Es importante considerar que las variables no modificables del animal, tales como: raza, mes y año de nacimiento, así como los servicios por concepción efectivos y el intervalo primer celo-concepción por el efecto significativo sobre la EPP, es uno de los parámetros reproductivos que determinan la eficiencia de un sistema lechero.

Las variables modificables de manejo, como: salud, alimentación y alojamiento, presentan un efecto significativo sobre la EPP y la PPL, lo cual evidencia la importancia del período de crianza sobre el desempeño (re)productivo de una vaca lechera. La corrección oportuna de inconsistencias, durante la etapa de desarrollo, puede garantizar beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo; pues permite obtener mejores indicadores productivos y, a su vez, influir positivamente sobre la longevidad del animal dentro del hato.

Ante la evidencia presentada, que coincide ampliamente con literatura alrededor del mundo, se debe trabajar en las variables más sensibles de la etapa de crianza, de modo que los reemplazos inicien su vida reproductiva a una edad que propicie un alto rendimiento en producción de leche, que busque alcanzar una mayor vida productiva, pero basado en el análisis de los datos a lo interno de cada sistema productivo.

RECOMENDACIONES GENERALES

La influencia que tienen variables como la raza sobre la EPP, y el efecto que a su vez esta produce sobre la PPL determina que, para saber la EPP ideal, se debe realizar el análisis para la situación particular de cada de finca.

En términos generales, se recomienda que los animales lleguen a su primer parto con 24-26 meses de vida, tiempo en el cual se logra reducir los costos de crianza y se obtiene niveles de producción de leche elevados. Una EPP, posterior a los 26 meses de vida, puede significar altos niveles productivos; sin embargo, el mayor costo de la inversión del período de crianza y desarrollo, podría no verse recompensado con la producción de leche, dado que, posterior a los 27 meses de EPP, no se observa cambios significativos en el volumen de producción láctea de la primera lactancia.

El efecto de las prácticas de manejo sobre la EPP y la PPL resulta ser altamente significativo; por lo cual, la eficiencia en el cumplimiento de los protocolos de crianza es fundamental para lograr una buena productora en el futuro. El manejo correcto del período prepuberal de una hembra es clave para obtener un animal con un buen rendimiento productivo y una larga viabilidad dentro del hato lechero. El balance nutricional, la calidad del alojamiento, así también como el protocolo de prevención, control y tratamiento de enfermedades infecciosas, es vital para dar al animal un período prepuberal apropiado. Por otra parte, los protocolos de crianza deben incluirse en la rutina del Médico Veterinario en su visita de salud de hato, con el fin de identificar y trabajar, de forma certera y temprana, sobre los posibles riesgos durante la etapa de desarrollo de los reemplazos. Al incrementar la eficiencia del desarrollo de terneras, en condiciones apropiadas de manejo, se logrará la expresión del máximo potencial genético de los animales y se reduce el número de individuos no preparados para su primera lactancia, evitando el descarte precoz de animales de alto valor por su potencial habilidad productiva.

El efecto de la EPP, sobre producción, hace posible continuar con esta línea de investigación en futuros proyectos. Es importante conocer el posible efecto de la EPP sobre la longevidad productiva dentro del hato y la velocidad de descarte en fincas bajo condiciones tropicales.

ANEXO 1

INVESTIGACIÓN “FACTORES DEL ANIMAL Y DEL AMBIENTE QUE AFECTAN LA EDAD AL PRIMER PARTO Y LA PRODUCCIÓN DE LA PRIMERA LACTANCIA, EN VACAS DE HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA, DURANTE LOS AÑOS 2013 AL 2015”.

Realizada por: Proyecto del Posgrado Regional de Ciencias Veterinarias Tropicales, Escuela de Medicina Veterinaria, UNA, como parte del proyecto de tesis de la estudiante, Gloriana Castillo Badilla. La información brindada será tomada de forma confidencial.

Propietario de la finca: _____

Dirección: _____

Tamaño del hato: _____

Alojamiento				
Etapa		Individual/grupo	Piso	Divisiones
0-60días	<input type="checkbox"/> Estabulado <input type="checkbox"/> Semiestabulado <input type="checkbox"/> Pastoreo	<input type="checkbox"/> Alojamiento grupal <input type="checkbox"/> Alojamiento individual	<input type="checkbox"/> Piso elevado <input type="checkbox"/> Piso no elevado (concreto, madera, tierra, otro) <input type="checkbox"/> Cama de material orgánico <input type="checkbox"/> Cama de material inorgánico	<input type="checkbox"/> Divisiones abiertas <input type="checkbox"/> Divisiones sólidas <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Cemento <input type="checkbox"/> Otro
61-120días	<input type="checkbox"/> Estabulado <input type="checkbox"/> Semiestabulado <input type="checkbox"/> Pastoreo	<input type="checkbox"/> Alojamiento grupal <input type="checkbox"/> Alojamiento individual	<input type="checkbox"/> Piso elevado <input type="checkbox"/> Piso no elevado (concreto, madera, tierra, otro) <input type="checkbox"/> Cama de material orgánico <input type="checkbox"/> Cama de material inorgánico	<input type="checkbox"/> Divisiones abiertas <input type="checkbox"/> Divisiones sólidas <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Cemento <input type="checkbox"/> Otro
121d-12meses	<input type="checkbox"/> Estabulado <input type="checkbox"/> Semiestabulado <input type="checkbox"/> Pastoreo	<input type="checkbox"/> Alojamiento grupal <input type="checkbox"/> Alojamiento individual	<input type="checkbox"/> Cama de material orgánico <input type="checkbox"/> Cama de material inorgánico	<input type="checkbox"/> Divisiones abiertas <input type="checkbox"/> Divisiones sólidas
>12m-EPS	<input type="checkbox"/> Estabulado <input type="checkbox"/> Semiestabulado <input type="checkbox"/> Pastoreo	<input type="checkbox"/> Alojamiento grupal <input type="checkbox"/> Alojamiento individual	<input type="checkbox"/> Cama de material orgánico <input type="checkbox"/> Cama de material inorgánico	

Política de reemplazos	<input type="checkbox"/> Se adquieren fuera de la finca <input type="checkbox"/> Se desarrollan solo animales nacidos en la finca <input type="checkbox"/> Mixto
Higiene de las instalaciones:	<input type="checkbox"/> Frecuencia <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Limpieza diaria <input type="checkbox"/> Limpieza semanal <input type="checkbox"/> ¿Qué productos utiliza para la limpieza de las instalaciones?
¿Cuál es su técnica de alimentación con leche o reemplazador?	<input type="checkbox"/> Chupón <input type="checkbox"/> Balde <input type="checkbox"/> Alimentador automático <input type="checkbox"/> Alimentador semiautomático
¿Cuál tipo de leche utiliza?	<input type="checkbox"/> Reemplazador <input type="checkbox"/> Leche entera
¿Utiliza algún tipo de análisis en las vacas como política para decidir si usa su leche?	No () Sí () <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Leucosis <input type="checkbox"/> Mastitis <input type="checkbox"/> Antibiótico <input type="checkbox"/> ¿Otro? Especifique
¿Cuáles ingredientes tiene en la dieta de terneras? <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Concentrado <input type="checkbox"/> Heno <input type="checkbox"/> Pasto fresco <input type="checkbox"/> Ninguno
Con respecto a las prácticas de salud:	Tiene visita regular de un médico veterinario No () Sí () Frecuencia_____
	Inspecciona el área de maternidad: No () Sí ()
	Inspecciona registros: No () Sí ()
	Inspecciona los animales: No () Sí ()
	¿Contra cuáles enfermedades vacuna y cuándo las aplica?
	Los animales ingieren el calostro: <input type="checkbox"/> 2 primeras hrs <input type="checkbox"/> >2 hrs
	Separación de la madre <input type="checkbox"/> 2hrs <input type="checkbox"/> 4hrs <input type="checkbox"/> >6hrs
	Desinfección de ombligo: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí, ¿Con qué?
	Con respecto al número de casos /10 animales: <input type="checkbox"/> Onfaloflebitis (infección de ombligo) <input type="checkbox"/> Problemas respiratorios <input type="checkbox"/> Problemas gastrointestinales (diarrea) <input type="checkbox"/> Muertes <input type="checkbox"/> < 1 semana

	<ul style="list-style-type: none"> ○ < 2 semanas ○ < 4 semanas ○ < 90 días
¿Cuáles son las medidas que se toman para el control de enfermedades?	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Tratamiento inmediato de animales con síntomas de enfermedad. <input type="checkbox"/> Separación de animales enfermos. <input type="checkbox"/> Limpieza y desinfección de equipo utilizado en animales enfermos <input type="checkbox"/> Separación de crías hijas de madres positivas a enfermedades de control (Paratuberculosis) <input type="checkbox"/> Otra
¿Ha habido cambios en el tipo de manejo de crianza de terneras en los últimos 2 años?	En caso de tener una respuesta positiva, cite cuáles. (Ejemplo: alimentación, pisos, infraestructura, veterinario, etc...)