

Intervalo Parto-Concepción en Ganado Lechero Especializado de Costa Rica

Calving-to-conception interval in Costa Rican specialized dairy cattle

Intervalo Parto-Concepção em gado de leite especializado da Costa Rica

Amed La Roche Loaiza^{1,2}, Bernardo Vargas Leitón³, Jorge Camacho Sandoval³, Gloriana Castillo Badilla⁴, Juan José Romero Zúñiga⁴✉.

- ¹ Este trabajo formó parte de la tesis de maestría en Epidemiología Académica del primer autor. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- ² Ministerio de Salud, Dirección Regional Brunca. amedlarochel@yahoo.com, Teléfono: (506) 8317 7069.
- ³ Universidad Nacional, Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Apdo. Postal: 304-3000 Heredia, Costa Rica. bernardo.vargas.leiton@una.cr, Teléfono: (506) 22773193, jorge.camacho.s@gmail.com.
- ⁴ Universidad Nacional, Costa Rica, Escuela de Medicina Veterinaria, Cátedra de Salud de Hato y Control de la Producción. Apdo. Postal: 304-3000 Heredia, Costa Rica. gloriana.castillo.badilla@una.cr, Teléfono: (506) 25624571; juan.romero.zuniga@una.cr, Teléfono: (506) 25624565.

Recibido: 17 de diciembre 2018 **Corregido:** 20 de marzo de 2019 **Aceptado:** 25 de marzo de 2019

Resumen: Un hato lechero eficiente debe producir una cría viva y sana por vaca, por año, y esto se debe de conseguir con un Intervalo Parto Concepción (IPC) no superior a 100 días. **Objetivo:** describir aspectos epidemiológicos del IPC en vacas de fincas de lechería especializada de Costa Rica; en el período 2000-2013. **Materiales y métodos:** estudio prospectivo histórico con 434 708 registros del programa VAMPP Bovino 3.0. Se estimó el IPC para variables extrínsecas e intrínsecas de las vacas. Se analizaron los datos mediante estadística descriptiva (promedio, mediana, desviación estándar, intervalo de confianza al 95 %); además, se realizó comparaciones de promedios y de porcentajes por medio de la prueba de T de Student y Chi-cuadrado, respectivamente. También, se estimó el riesgo de IPC mayor a 100 días, calculando la razón de tasas (RR) mediante Regresión de Poisson. **Resultados:** más del 50 % de las vacas presentaron un IPC superior a 100 días; con un promedio general de 136,6 días ($\pm 84,2$). El IPC fue más alto en animales de la primera lactancia ($142,0 \pm 88,4$ días) ($P < 0,001$) y mayor en vacas Holstein ($148,7 \pm 85,9$ días) que en Pardo Suizo y Jersey ($P < 0,0001$). El promedio del IPC fue más alto en vacas con parto distócico o cesárea ($P < 0,001$); igualmente, las de alta producción de leche (5900-10100 kg/305d) fueron las de mayor IPC ($141,5 \text{ d} \pm 80,8 \text{ d}$). Las vacas pertenecientes a regiones de bosque seco presentaron casi 10 días más de IPC que las otras zonas ($P < 0,01$). Esas mismas condiciones fueron las que mostraron el mayor riesgo (razones de tasas) de IPC mayores a 100 días. **Conclusión:** el IPC se ve influenciado por variables extrínsecas e intrínsecas. Por lo que, el enfoque de manejo del hato debe de estar relacionado con las variables modificables, en especial la observación de celos y la eficiencia en la inseminación artificial.

Palabras claves: lechería, reproducción, eficiencia, epidemiología, salud de hato.

✉ Autor de correspondencia: juan.romero.zuniga@una.cr



Abstract: An efficient dairy herd must produce a living, healthy calf per cow per year, and it should be accomplished with a Calving-Conception Interval (CCI) no greater than 100 days. **Objective:** Describe CCI epidemiological aspects in specialized dairy cattle in Costa Rica during the 2000-2013 period. **Materials and methods:** A historical prospective study was conducted with 434,708 entries from the VAMPP Bovino 3.0 software. CCI was estimated for intrinsic and extrinsic variables in cattle. Data was analyzed using descriptive statistics (mean, median, standard deviation, 95% confidence interval). Furthermore, means and percentages were compared using T-Student and Chi-square tests, respectively, while the risk of a CCI higher than 100 days was calculated by the rate ratio (RR), using Poisson regression. **Results:** Over 50% of cattle had a CCI greater than 100 days, with a general mean of 136.6 days (± 84.2). CCI was higher in first lactation animals (142.0 ± 88.4 days) ($P < 0.001$). It was also higher in Holstein cattle (148.7 ± 85.9 days) than in Brown Swiss and Jersey cattle ($P < 0.0001$). Average CCI was higher in cattle with dystocic or cesarean deliveries ($P < 0.001$). Cattle with high milk production (5900-10100 kg/305d) exhibited a greater CCI ($141.5 \text{ d} \pm 80.8 \text{ d}$). CCI of animals living in the dry forest was almost 10 days higher than those living in other areas ($P < 0.01$). Those same weather conditions were the ones that showed the highest risk (rate ratio) with a CCI greater than 100 days. **Conclusion.** CCI is influenced by intrinsic and extrinsic variables. Therefore, herd management should focus on modifiable variables, such as heat detection and efficient artificial insemination.

Keywords: dairy, reproduction, efficiency, epidemiology, herd health.

Resumo: Um rebanho leiteiro eficiente deve produzir um bezerro vivo e saudável por vaca por ano em um Intervalo Parto-Concepção (IPC) não superior a 100 dias. **Objetivo:** Descrever aspectos epidemiológicos do IPC em fazendas especializadas em gado leiteiro da Costa Rica, durante o período de 2000 a 2013. **Materiais e métodos:** estudo prospectivo histórico com 434.708 registros do programa VAMPP Bovino 3.0. O IPC foi estimado para variáveis intrínsecas e extrínsecas das vacas. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, intervalo de confiança de 95%). Além disso, as médias e porcentagens foram comparadas utilizando-se os testes T-Student e Qui-quadrado, respectivamente. Adicionalmente, foi estimado o risco de IPC maior a 100 dias, calculando a razão de risco (RR), utilizando-se a regressão de Poisson. **Resultados:** Mais de 50% das vacas apresentaram um IPC superior a 100 dias, com média geral de 136,6 dias ($\pm 84,2$). O IPC foi maior nos animais de primeira lactação ($142,0 \pm 88,4$ dias) ($P < 0,001$). Este intervalo também foi maior em vacas Holandesas ($148,7 \pm 85,9$ dias) quando comparado com os valores registrados para as vacas Pardo-Suíça e Jersey ($P < 0,0001$). A média do IPC foi maior em vacas com partos distócicos ou cesáreas ($P < 0,001$). Vacas com alta produção de leite (5900-10100 kg / 305d) apresentaram maior IPC ($141,5 \text{ d} \pm 80,8 \text{ d}$). As vacas pertencentes às regiões de bosque seco apresentaram quase 10 dias mais de IPC que as de outras áreas ($P < 0,01$). Essas mesmas condições foram as que apresentaram maior risco (razão de risco) de IPC superiores a 100 dias. **Conclusão:** O IPC é influenciado por variáveis intrínsecas e extrínsecas. Portanto, o manejo do rebanho deve concentrar-se em variáveis modificáveis, com especial atenção à detecção do cio e eficiência na inseminação artificial.

Palavras-chave: laticínio, reprodução, eficiência, epidemiologia, saúde do rebanho.

Introducción

El conocimiento de los parámetros biológicos que determinan la eficiencia de una lechería es importante para obtener el mayor beneficio productivo, pues se pueden orientar los protocolos de salud de hato hacia las áreas con posibilidades de perfeccionamiento, con la finalidad de obtener mayores rendimientos productivos y reproductivos, que pueden ser valorados por medio de estos parámetros (Gröhn & Rajala-Schultz 2000).



Dentro de las principales características que deben poseer las vacas para que la explotación ganadera sea rentable y eficiente están: tener un óptimo desarrollo desde el nacimiento hasta su primer parto; producir crías viables; producir leche suficiente para la cría y la venta; además de reiniciar temprano la ciclicidad estral durante el postparto para lograr una nueva gestación en un tiempo óptimo (Heinrichs & Heinrichs 2011), idealmente no mayor a los 100 días (Gröhn & Rajala-Schultz 2000; Cook & Green 2016), aunque otros autores mencionan hasta 110-120 días (Holman *et al.* 1984; Dijkhuizen *et al.* 1985, Arbel *et al.* 2001) buscando intervalos entre partos no mayores a 385 días.

El Intervalo Parto Concepción (IPC) corresponde al número de días que transcurren desde el parto hasta la siguiente preñez, tomando en cuenta únicamente a los animales con diagnóstico de preñez confirmado; su incremento provoca la reducción de la rentabilidad en vacas, al representar por aumento en los costos de reproducción descarte temprano de los animales y reducción de la producción de leche (De Vries *et al.* 2005).

El objetivo de una lechería especializada es obtener una cría por vaca, por año y, para lograr esto, es importante conseguir una preñez durante los primeros 100 días postparto; de lo contrario, se incrementaría en IPC (Gröhn & Rajala-Schultz 2000). Para alcanzar dicho objetivo se debe hacer un apropiado manejo desde el periodo de transición hasta el parto, para que la vaca efectúe una involución uterina adecuada y, así, retorne a celo rápidamente. Sumado a eso, debe haber una precisa detección de celo y un diagnóstico de preñez positivo, después del servicio –sea por inseminación artificial o por monta natural– para ser eficaces en la concepción (Van Eerdenburg *et al.* 1996; Roelofs *et al.* 2010). Pero, para alcanzar esta meta, se deben mantener parámetros reproductivos como la edad al primer servicio (EPS), la edad a primer parto (EPP), el intervalo parto primer servicio (IPPS), el intervalo entre partos (IEP) y el intervalo parto concepción (IPC), dentro de los límites ideales establecidos, siempre en consonancia con los recursos de la finca.

Existen factores que contribuyen a aumentar el IPC en el ganado lechero; estos se pueden clasificar, de manera muy general, en factores intrínsecos y extrínsecos; estos, a su vez, en factores predisponentes y facilitadores (Bonita *et al.* 2008).

Dentro de los factores intrínsecos predisponentes se pueden incluir los aspectos fisiológicos que afectan el reinicio de la actividad ovárica, tales como la involución del útero y la recuperación del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, la raza, la genética de alta producción láctea y el parto gemelar (Echternkamp & Gregory 1999; Vargas *et al.* 1998; Lucy 2001; Murillo-Barrantes *et al.* 2010)

Por otro lado, los factores intrínsecos facilitadores corresponden a los principales problemas postparto, tales como el balance energético negativo, cojeras, la retención de membranas fetales, las infecciones uterinas y la mastitis, además de agentes patógenos que afectan el aparato reproductor como el virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR), *Leptospira* spp., *Campylobacter fetus* y *Tritrichomonas foetus* (Gröhn & Rajala-Schultz 2000; Buckley *et al.* 2003; Sheldon *et al.* 2008; Gür & Dogan 2010).

Los factores extrínsecos facilitadores corresponden a variables ambientales, como la humedad y la temperatura, el estrés y de manejo como la longitud del período seco, la tasa de detección de celos y la eficacia en el servicio (West *et al.* 2003; Nardone *et al.* 2010).

La evaluación de parámetros reproductivos como el IPC sirve para monitorear el estado de los sistemas de producción animal, esto mediante la aplicación de análisis técnicos y económicos orientados hacia la construcción de estrategias adecuadas para lograr una producción eficiente (Gröhn & Rajala-Schultz



2000; Vargas-Leitón *et al.* 2009). Por otro lado, debido a la competencia por la apertura del mercado en la industria láctea, los productores de leche requieren optimizar recursos y ajustar parámetros reproductivos en aras de ser competitivos; y uno de los parámetros reproductivos que más influencia tienen en esta actividad es el IPC (Heinrichs & Heinrichs 2011).

En la ganadería de leche especializada en Costa Rica, el intervalo parto-concepción no ha sido estudiado de manera exclusiva, al buscar sus factores de riesgo o sus efectos sobre la producción y la reproducción, sino que ha sido estudiado, de forma colateral, en algunas otras investigaciones (Vargas-Leitón *et al.* 2009; Murillo-Barrantes *et al.* 2010; Castillo-Badilla *et al.* 2015; Romero *et al.* 2015). Por lo tanto, este estudio pretende describir algunos aspectos epidemiológicos del IPC en vacas de fincas de lechería especializada de Costa Rica, para el período 2000-2013.

Materiales y métodos

Diseño y población del estudio

Se realizó un estudio observacional de tipo prospectivo histórico, analizando los registros de 434 708 vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica, para el período comprendido entre los años 2000 y 2013. En total, se trabajó con 1128 fincas que contaran con al menos 30 datos de IPC. Para fines de este estudio, se define como hato especializado, aquel que cuenta con alto nivel tecnológico, tanto en los equipos de ordeño, como en sistemas de registro de información, que utiliza inseminación artificial, y animales de alto valor genético. Se utilizaron los registros de la Base Nacional de Datos, pertenecientes al programa VAMPP Bovino versión 3.0, de la Consultoría Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), del Programa de Investigación en Medicina Poblacional (MedPob), de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional (EMV-UNA).

Recolección de datos y descripción de las variables

La variable dependiente fue el intervalo parto-concepción (IPC); de ese modo, fueron descartados de la base de datos aquellos animales que no presenten datos o que fueron quitados antes de la confirmación de preñez, realizada por medio de palpación rectal. Por otro lado, las variables independientes del estudio fueron: a) intrínsecas: producción de leche por lactancia, raza, tipo de parto, número de crías por parto, retención de membranas fetales, número de lactancia, duración del periodo seco; b) extrínsecas: hato, época del año del parto, zona ecológica, servicios por concepción, detección de celos (Cuadro 1). Todas las fincas incluidas en el presente estudio utilizaban únicamente inseminación artificial. La descripción de las variables utilizadas se presenta en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Descripción de variables utilizadas en el análisis del Intervalo Parto-Concepción en fincas de lechería especializadas de Costa Rica en el período 2000-2013.

Variable	Tipo de variable	Nivel de variable	Descripción	
Intervalo parto-concepción	Numérica	Días	Días entre parto y concepción	
		Discreta	Casos	IPC \geq 100 días
			No casos	IPC < 100 días
Hato	Nominal		Según el hato de procedencia	
Época del año del parto	Nominal	Seca	Diciembre-abril	
		Lluviosa	Mayo-noviembre	
Tipo de parto	Nominal	Normal	Parto sin asistencia	
		Distócico	Parto difícil y que requiere asistencia	
		Cesárea	Parto al que se le aplica cirugía cesárea	
Raza	Nominal	H8	Holstein pura	
		J8	Jersey pura	
		J4*H4	Media sangre Holstein Jersey	
		PS 8	Pardo suizo pura	
		G 8	Guernsey puro	
		Otras	Otras razas y cruces	
Número de crías por parto	Discreta	Único	Parto de una sola cría	
		Gemelar	Parto de dos crías	
Zonas ecológicas	Nominal		Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967)	
Retención de membranas fetales	Nominal	Presente	Membranas fetales no expulsadas en las primeras 24 h postparto	
		Ausente	Membranas fetales expulsadas en las primeras 24 h postparto	
Número de lactancia	Discreta	1	Lactancia en la que se ubica la vaca al momento del estudio	
		2-3		
		4-5		
		>5		
Producción láctea lactancia actual	Continua	Kg de leche producido	Producción corregida a 305 días	
	Discreta	Bajo-medio-alto	Bajo: \leq percentil 33 Medio: percentil 34- 65 Alto: percentil \geq 66	
Servicios por concepción	Continua	Continua	Número de servicios requeridos para una concepción	
	Discreta	Bajo-medio-alto	Bajo: \leq percentil 33 Medio: percentil 34- 65 Alto: percentil \geq 66	
Días seca	Continua	Continua	Número de días seca previo al parto	
	Discreta	Bajo, medio, alto	Bajo: \leq percentil 33 Medio: percentil 34- 65 Alto: percentil \geq 66	
Celo no observado	Discreta	Presente	Celo no registrado antes de los 70 días postparto	
		Ausente	Celo registrado antes de los 70 días postparto	



Procesamiento estadístico

La descripción del comportamiento del IPC, general durante el período, se realizó mediante la aplicación de estadística descriptiva (promedio, mediana, desviación estándar). Posteriormente, fueron calculados los intervalos de confianza al 95 % para cada año, determinando así la existencia de variaciones entre un año y otro. Un ANOVA de una vía fue utilizado para determinar la existencia o no de diferencias en los promedios. Asimismo, se calculó el porcentaje de vacas con IPC > 100 días para cada estrato de las variables independientes (Dawson *et al.* 2005). Para determinar las diferencias entre proporciones se utilizó la prueba de Chi-cuadrado exacta de Fisher.

Para identificar factores de riesgo –intrínsecos y extrínsecos– asociados con el IPC \geq 100 días, se utilizó la regresión de Poisson para el cálculo de la razón de tasas (RR por su nombre en inglés Rate Ratio) en dos fases de análisis: uno bivariado y otro multivariado. Previo en el análisis bivariado, las variables fueron examinadas para determinar la existencia de correlación mediante el cálculo de correlaciones simples. Si esta es \geq 60 % y el valor de P < 0,05 se estimó que ambas variables tienen similar dirección y magnitud en la asociación con el IPC; de ese modo, se analizó la variable que tuvo mayor significancia estadística.

En el análisis bivariado se examinó los efectos de cada variable independiente sobre la dependiente. Las variables con un valor P < 0,25 fueron seleccionadas para ser incluidas en el modelaje del análisis multivariado.

Se siguió un esquema de modelaje paso a paso hacia adelante (*forward stepwise*). Cada variable fue examinada de acuerdo con su significancia por la prueba de Wald y se comprobó con los coeficientes del modelo previo. Este proceso de eliminación, reajuste y verificación se realizó hasta lograr el modelo de mayor parsimonia y convergencia, y cuando todas las variables en el modelo fueran significativas, sea que actuaran como confusoras o modificadoras del efecto o de ajuste. Se estimó que una variable es confusora cuando el coeficiente de alguna variable de exposición varía más de 10 % (si el coeficiente tiene valor entre -0,4 y 0,4), o cuando cambió más de 25 % (si el coeficiente tiene valor < -0,4 o > 0,4) (Hosmer & Lemeshow 1980). Todos los cálculos se realizaron en el programa Infostat®, 2014. (Balzarini *et al.* 2008).

Resultados y discusión

Resultados generales

En este periodo se contabilizó un total 434 407 registros de IPC, con un promedio general de 136,6 días (\pm 84,2 días). Al observar la tendencia del IPC durante el período de estudio, los primeros años mostraron un comportamiento estable, posteriormente, a partir del año 2007, se da un incremento, con un valor máximo presentado en el año 2010, seguido de un decrecimiento al final (Figura 1).

Es probable que el aumento entre el 2008 a 2010 se debiera, al menos en parte, a una reducción en el suministro de alimento concentrado y otros ingredientes de la dieta, pues en ese período se incrementó, sustancialmente, el costo del maíz para la fabricación del concentrado, debido a la presión de los fabricantes de biocombustibles (Mestries 2009). Un comportamiento similar se observó en la producción de leche de esos años, pero en sentido inverso (hacia la baja) (Romero-Zúñiga *et al.* 2010, datos no publicados).



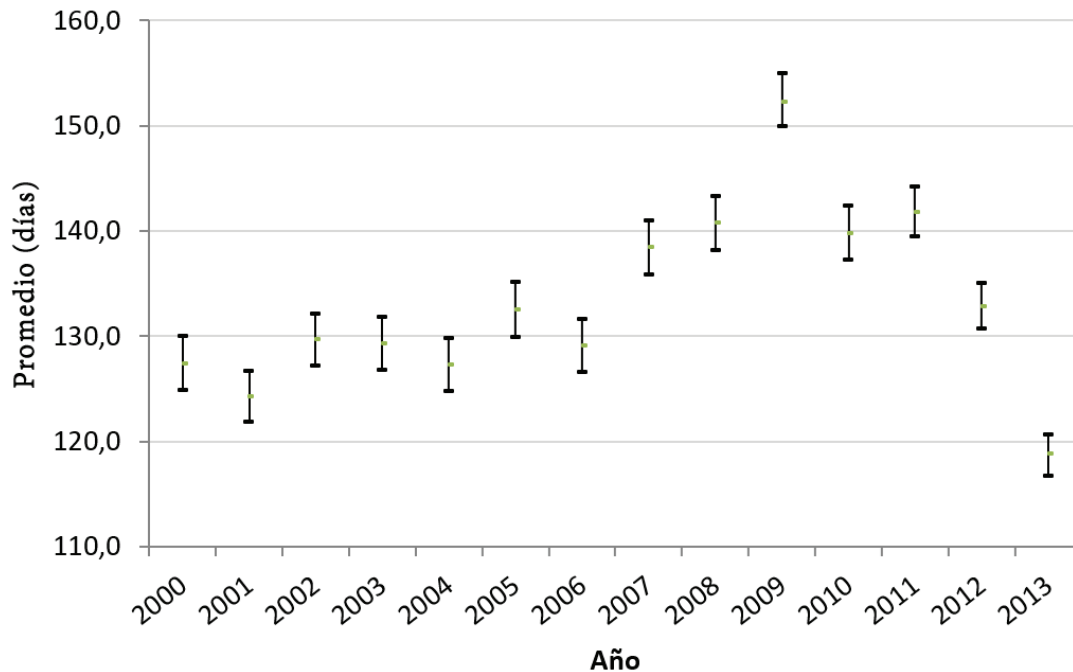


Figura 1. Comportamiento del promedio anual (IC 95 %) del intervalo parto-concepción en vacas de lechería especializada de Costa Rica, período 2000-2013.

Los valores de IPC ≥ 100 días, por lo general, se vinculan con problemas de fertilidad que, a su vez, están relacionados con alteraciones metabólicas como el balance energético negativo y el estrés; por la presencia de agentes patógenos como el virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina, leptospirosis, tricomoniasis y campylobacteriosis, y también a las fallas en la detección de celo de cada finca, que se relacionan con la frecuencia de observación, el número de sujetos a analizar y la utilización de herramientas para facilitar la detección (Gröhn & Rajala-Schultz 2000; Sheldon *et al.* 2008; Gür & Dogan 2010).

Durante los años de estudio, se evidenció que en más del 50 % de los casos el IPC fue superior a los 100 días, llegando inclusive a un 58 % en los años 2005 y 2009; contabilizándose un total de 241 691 (55,6 %) casos.

Estadística descriptiva, asociación estadística y epidemiológica de variables intrínsecas y extrínsecas respecto al IPC > 100 días

La identificación de factores de riesgo para la ocurrencia de eventos productivos o reproductivos, considerados como no deseables es una metodología ampliamente utilizada alrededor del mundo. Más allá de medir el efecto de una variable independiente –o causal– sobre una dependiente, lo que se pretende es conocer el riesgo de que la condición considerada como indeseable ocurra (Noordhuizen *et al.* 2001).

En este caso, se ha definido un IPC >100 días como un evento no deseable para vacas de lecherías especializadas; por lo tanto, se busca identificar condiciones de riesgo que incrementen el valor del IPC,



considerado uno de los principales indicadores de la salud reproductiva del hato (Brand *et al.* 1997; Gröhn & Rajala-Schultz 2000).

Variables intrínsecas

Las madres de primera lactancia presentaron el IPC más elevado ($142,0 \pm 88,4$ días), difiriendo significativamente de los animales con más lactancias ($P < 0,001$), en donde el menor promedio reportado lo registran las de más de 5 lactancias ($132,7 \pm 80,7$ días) (Cuadro 2). En concordancia con esto, en las vacas de primera lactancia hubo un mayor porcentaje de $IPC > 100$ días (56,6 %; IC95 %: 56,3 %-56,8 %) (Cuadro 3). Comúnmente, se ha asociado a los animales de primera lactancia con mejor fertilidad y que, conforme se incrementa el número de lactancia, esta fertilidad se ve disminuida (Gebeyehu *et al.* 2007; Gröhn & Rajala-Schultz 2000); sin embargo, otros estudios (Washburn *et al.* 2002; Motlagh *et al.* 2013) reportan que la fertilidad en las vacas mejora al aumentar su número de lactancia. Estos hallazgos son congruentes con los del análisis de regresión bivariable y multivariable, en que las vacas con dos o más lactancias presentaron entre -5 % y -7 % de riesgo de $IPC > 100d$ (Cuadro 4).

Se puede asociar el incremento del IPC en vacas primerizas a la falta de madurez reproductiva y a errores de manejo que pueden repercutir en este parámetro, tal como un inadecuado manejo de la dieta de transición (DeGaris *et al.* 2010; Van Saun & Sniffen 2014) y la detección de celo (Washburn *et al.* 2002; Wathes *et al.* 2007a; Motlagh *et al.* 2013). Asimismo, en vacas primíparas, el incremento del IPC se puede asociar a una baja condición corporal al momento del parto, en donde las reservas de nutrientes del individuo son menores y hay mayor riesgo de un balance energético negativo más allá del aceptable, conforme avanza la lactación (Wathes *et al.* 2007b; a).

La raza predominante en el presente estudio fue la Holstein, seguida por la Jersey. El mayor promedio de IPC lo presentó la Holstein ($148,7 \pm 85,9$ días), seguido de la Pardo Suizo ($145,8 \pm 87,7$ días); mientras que la Jersey presentó el menor IPC ($126,4 \pm 79,6$ días) ($P < 0,0001$) (Cuadro 2), en concordancia con lo reportado por Vargas-Leitón *et al.* (2012), y Lammoglia-Villagómez *et al.* (2013). Este mismo comportamiento se ve reflejado al analizar el riesgo de presentar un valor de $IPC > 100$ días (Cuadro 3), con la raza Holstein con un mayor porcentaje (63,0 %) y el menor en la raza Jersey (49,6 %), mostrando una clara relación del IPC con la raza ($P < 0,0001$). Estos hallazgos son similares a los obtenidos por Vargas-Leitón *et al.* (2012), en Costa Rica, donde se evaluó la variable de IPC en los cruces Holstein x Jersey y se observó un efecto aditivo marcado, con una reducción del intervalo conforme se incrementó la fracción de la raza Jersey (Vargas-Leitón *et al.* 2012).

Asimismo, esta tendencia se notó en términos del riesgo de $IPC > 100$ días, al ser las vacas Holstein las que mayor riesgo presentaron, mientras que las Jersey y sus cruces fueron las de menor riesgo (Cuadros 3 y 4). Estos resultados son similares a los reportados por Lammoglia *et al.* (2013), quienes determinaron que las vacas Holstein puras, presentaron valores de IPC más altos que los animales cruzados con raza Jersey, asociando la disminución de la eficiencia reproductiva con la alta producción de leche, principalmente, al inicio de la lactancia. Los altos niveles de producción láctea conllevan a un alto estrés metabólico, que afecta de forma directa el balance energético del animal (Vargas *et al.* 1998; Buckley *et al.* 2003). Sin embargo, Lucy (2001), describe esta disminución del rendimiento reproductivo como un efecto del balance energético negativo, que a pesar de estar asociado a vacas altas productoras,



la disminución de condición corporal y una deficiencia en el requerimiento de nutrientes en la dieta, puede afectar a animales no necesariamente altos productores. Además, las vacas altas productoras también son sujetas a manejos altamente eficientes y especializados.

Cuadro 2. Estadística descriptiva y contraste de promedios del intervalo parto-concepción, para las variables intrínsecas analizadas en ganado lechero especializado de Costa Rica, período 2000-2013.

Variable	Estrato	N	Casos	Media	D.E*.	%	IC (95 %)**	P valor
Número de lactancia	1	114345	64670	142,0	88,4	56,6	56,3 - 56,8	<0,0001
	2-3	170419	94425	135,5	83,4	55,4	55,2 - 55,6	
	4-5	95418	52638	134,4	82,4	55,2	54,8 - 55,5	
	>5	54525	29958	132,7	80,7	54,9	54,5 - 55,4	
Raza	Holstein	164103	103318	148,7	85,9	63,0	62,7 - 63,2	<0,0001
	Jersey	136250	67520	126,4	79,6	49,6	49,3 - 49,8	
	J4 x H4	52724	27684	133,0	86,8	52,5	52,1 - 52,9	
	Guernsey	2697	1558	137,6	78,8	57,8	55,9 - 59,6	
	Pardo Suizo	5610	3387	145,8	87,7	60,4	59,1 - 61,6	
	Otras razas	73323	38224	130,5	83,4	52,1	51,8 - 52,5	
Tipo de parto	Normal	428503	237724	136,4	84,2	55,5	55,3 - 55,6	<0,0001
	Distócico	6125	3910	151,0	85,6	63,8	62,6 - 65,0	
	Cesárea	79	57	174,7	95,2	72,10	62,3 - 82,0	
Producción de leche a 305 días	Alta	157107	93909	141,5	80,8	59,8	59,5 - 60,0	<0,0001
	Media	121404	61479	129,0	82,8	50,6	50,4 - 50,9	
	Baja	155731	86035	137,7	88,3	55,2	55,0 - 55,5	
RMF	Ausente	431303	239365	136,5	84,2	55,5	55,3 - 55,6	<0,0001
	Presente	3404	2326	155,6	84,0	68,3	66,8 - 69,9	
Número de crías	Única	430535	238807	136,4	84,2	55,5	55,3 - 55,6	<0,0001
	Gemelar	4172	2884	160,3	87,4	69,1	67,7 - 70,5	
Días seca	≤50	29035	15377	128,4	78,7	53,0	52,4 - 53,5	<0,0001
	51-70	126684	68232	130,7	78,6	53,9	53,6 - 54,1	
	>70	126896	71121	137,4	84,7	56,0	55,8 - 56,3	

*D. E.: desviación estándar, **IC (95 %): intervalo de confianza al 95 %

El promedio de días del IPC en vacas con parto normal fue de $136,4 \pm 84,2$ días, y un 55,5 %; IC95 %: 55,3-55,6 %) presentaron más de 100 días. Este valor se incrementó en animales que se sometieron a cesárea ($174,7 \pm 95,2$ días; 72,1 %; IC95 %: 62,3-82,0; $P < 0,001$) (Cuadro 2). Tal como lo mencionan varios autores, existe un efecto adverso del parto distócico sobre la fertilidad posterior, reflejado principalmente, en el resultado de la primera inseminación, la cual presenta hasta un 12 % menos de fertilidad luego de un parto difícil. Además, se observan incrementos en los servicios por concepción



en 0,5, y los días abiertos en más de 30 (López de Maturana *et al.* 2007; Eaglen *et al.* 2011). Por lo que, el parto distócico es un factor de riesgo para incrementar el IPC (RR=1,05 (IC95 %: 1,01-1,08), (Cuadro 4). Según Mee (2008), la distocia tiene como efectos económicos negativos: impacto en la producción de leche (41 %), menor fertilidad (34 %), morbilidad y mortalidad de terneros y madres (25 %), así como el incremento en los costos por atención médica veterinaria y de manejo.

Por otro lado, la cesárea no representó un riesgo mayor comparado con el parto normal (RR= 1,15; IC95 %: 0,82-1,41) (Cuadro 4). Sin embargo, la información sobre el tipo de parto y la intervención quirúrgica no es reportada de forma frecuente en la base de datos de VAMPP a pesar de que es muy probable que se realicen este tipo de intervenciones. No obstante, es conocido que animales que fueron sometidos a intervención obstétrica son más vulnerables a sufrir infecciones uterinas, lo que puede afectar la involución normal del útero después del parto, con el consecuente incremento en los parámetros reproductivos (Sheldon *et al.* 2008).

Por otra parte, el menor promedio de IPC lo presentaron las vacas con una producción media (4247-5899 kg/305d), con un promedio de 129,0 días ($\pm 82,8$ días). Las de alta producción (5900-10100 kg/305d) fueron las de mayor promedio (141,5 d $\pm 80,8$ días) (Cuadro 2). Asimismo, las vacas altas productoras presentaron un 59,8 % de casos de IPC > 100 días (IC95% 59,5-60,0), mientras que la menor proporción de casos se dio en las de producción baja (50,6 %; IC95 %: 50,4-50,9 %) (Cuadro 2). Adicionalmente, se determinó ausencia de riesgo en las vacas de nivel medio, aunque sí un leve incremento en el riesgo (RR= 1,02, IC95 %: 1,01-1,04) en las de producción alta (Cuadros 3 y 4).

La relación entre las vacas altas productoras y la disminución de la fertilidad, expresada en aumento de problemas reproductivos y alteración de tasas de desempeño reproductivo, ha sido ampliamente discutida en los últimos años, relacionándola a causas multifactoriales como nutrición, manejo y genética entre otros (Lucy 2001; Buckley *et al.* 2003; Rodriguez-Martinez *et al.* 2008; Walsh *et al.* 2011; Aungier *et al.* 2014). A medida que aumenta la producción individual de leche, disminuye la tasa de concepción y, por ende, se incrementan el IPC, esto como resultado de los cambios en el metabolismo de la vaca lactante recién parida, estrechamente relacionada con el balance energético negativo (Lucy 2001; Wathes *et al.* 2007b).

El origen de retención placentaria es multifactorial, dentro de las causas asociadas se encuentran la partos distócicos, partos gemelares, abortos, torsión uterina y desórdenes hormonales o metabólicos como la deficiencia de calcio, entre otros (Han & Kim 2005). La manifestación de la infección uterina asociada con la retención de placenta depende del balance entre la inmunidad del animal y la patogenicidad del agente infeccioso, comúnmente el 25-40 % de estos animales sufre metritis después de la retención de las membranas fetales, situación que retarda el período de concepción, ampliando de esta manera el IPC (Sheldon *et al.* 2008).

Menos del 1 % de las vacas presentaron retención de membranas fetales (RMF). Estas vacas, mostraron el mayor IPC (155,6 $\pm 84,0$ días), revelando una amplia diferencia con las rumiantes sin RMF (P<0,0001). Además, el 68,3 % (IC95 %: 66,8-69,9) de estos animales tuvieron IPC > 100 días en comparación con las vacas sin RMF (P<0,0001) (Cuadro 2). Asimismo, las vacas que presentaron RMF mostraron entre 4 % y 14 % mayor probabilidad de IPC > 100 días (RR =1,08; IC95: 1,04-1,14).



Cuadro 3. Análisis bivariante de los factores asociados al intervalo parto-concepción en vacas lecheras especializadas de Costa Rica, período 2000-2013.

Variable	Estrato	RR	E.E.	LI	LS	Valor de P
*Número de lactancia	1	-	-	-	-	-
	2-3	0,98	1,01	0,97	0,99	0,0001
	4-5	0,98	1,01	0,96	0,99	<0,0001
	>5	0,97	1,01	0,96	0,98	<0,0001
*Raza	Holstein	-	-	-	-	-
	Jersey	0,79	1,00	0,78	0,79	<0,0001
	J4 x H4	0,84	1,01	0,83	0,84	<0,0001
	Guernsey	0,91	1,03	0,87	0,96	0,0007
	Pardo Suiza	0,96	1,02	0,92	0,99	0,0164
	Otras razas	0,83	1,01	0,82	0,84	<0,0001
*Tipo de parto	Normal	-	-	-	-	-
	Distócico	1,15	1,02	1,12	1,19	<0,0001
	Cesárea	1,30	1,14	1,00	1,68	0,0473
*Producción leche kg/305 d	Baja	-	-	-	-	-
	Media	0,98	1,01	0,96	1,01	<0,072
	Alta	1,03	1,01	1,01	1,05	<0,0001
*Retención de membranas fetales	Ausente	-	-	-	-	-
	Presente	1,23	1,02	1,19	1,28	<0,0001
*Número de crías al parto	Único	-	-	-	-	-
	Gemelar	1,25	1,02	1,20	1,30	<0,0001
*Días seca	≤ 50	-	-	-	-	-
	51-70	1,02	1,01	1,00	1,03	0,0591
	≥ 71	1,06	1,01	1,04	1,07	<0,0001
**Zona ecológica	BMH-P	-	-	-	-	-
	BH-P	1,04	1,01	1,02	1,05	<0,0001
	BS-T	1,04	1,01	1,02	1,05	<0,0001
	BH-T	1,11	1,01	1,08	1,13	<0,0001
**Celo no observado	Ausente	-	-	-	-	-
	Presente	1,93	1,01	1,92	1,97	<0,0001
**Servicios por concepción	1	-	-	-	-	-
	2	2,27	1,01	2,25	2,29	<0,0001
	≥3	3,25	1,01	3,22	3,29	<0,0001
**Época de parto	Seca	-	-	-	-	-
	Lluviosa	1,03	1,00	1,02	1,04	<0,0001

*Variable intrínseca; **Variable extrínseca. J4 x H4= F1 Jersey x Holstein. BMH-P=Bosque Muy Húmedo-Premontano; BMH-T=Bosque Muy Húmedo-Tropical; BH-MB=Bosque Húmedo-Montano Bajo; BH-P=Bosque Húmedo-Premontano; BS-T=Bosque Seco-Tropical; BH-T= Bosque Húmedo-Tropical; BMH-MB= Bosque Muy Húmedo-Montano Bajo.



Cuadro 4. Modelo ajustado de las variables asociadas al intervalo parto-concepción en vacas lecheras especializadas de Costa Rica, período 2000-2013.

Variable	Estrato	RR	E.E.	IC 95 %		P-valor
				LI	LS	
*Número de lactancia	1	-	-	-	-	-
	2-3	0,95	1,01	0,94	0,96	<0,0001
	4-5	0,93	1,01	0,92	0,94	<0,0001
	> 5	0,93	1,01	0,91	0,94	<0,0001
*Raza	Holstein	-	-	-	-	-
	Jersey	0,83	1,01	0,82	0,84	<0,0001
	J4 x H4	0,84	1,01	0,84	0,86	<0,0001
	Guernsey	0,87	1,03	0,83	0,91	<0,0001
	Pardo Suiza	0,98	1,02	0,95	1,02	0,3201
	Otras razas	0,92	1,01	0,91	0,94	<0,0001
	Baja	1,02	1,01	1,01	1,03	0,0001
*Tipo de parto	Normal	-	-	-	-	-
	Difícil	1,05	1,02	1,01	1,08	0,0057
	Cesárea	1,07	1,15	0,82	1,41	0,5993
*Producción leche kg/305 d	Baja	-	-	-	-	-
	Media	0,99	1,01	0,98	1,02	<0,09
	Alta	1,02	1,01	1,01	1,04	<0,0001
* Retención de membranas fetales	Ausente	-	-	-	-	-
	Presente	1,08	1,02	1,04	1,14	0,0001
*N.º crías al parto	Único	-	-	-	-	-
	Gemelar	0,89	1,02	0,85	0,91	<0,0001
*Días seca	≤ 50	-	-	-	-	-
	51-70	0,99	1,01	0,98	1,01	0,5149
	≥ 71	1,04	1,01	1,02	1,06	<0,0001
**Zona ecológica	BMH-P	-	-	-	-	-
	BH-MB	1,23	1,02	1,20	1,27	<0,0001
	BH-P	1,06	1,01	1,05	1,08	<0,0001
	BS-T	1,08	1,01	1,06	1,09	<0,0001
	BH-T	1,09	1,01	1,06	1,12	<0,0001
**Celo no observado	Ausente	-	-	-	-	-
	Presente	1,39	1,01	1,36	1,42	<0,0001
**Servicios por concepción	1	-	-	-	-	-
	2	2,20	1,01	2,18	2,23	<0,0001
	≥3	3,19	1,01	3,16	3,22	<0,0001
**Época de parto	Seca	-	-	-	-	-
	Lluviosa	1,02	1,01	1,01	1,03	0,0016

*Variable intrínseca; **Variable extrínseca. J4 x H4= F1 Jersey x Holstein. BMH-P=Bosque Muy Húmedo-Premontano; BMH-T=Bosque Muy Húmedo-Tropical; BH-MB=Bosque Húmedo-Montano Bajo; BH-P=Bosque Húmedo-Premontano; BS-T=Bosque Seco-Tropical; BH-T= Bosque Húmedo-Tropical; BMH-MB= Bosque Muy Húmedo-Montano Bajo.



Estos resultados coinciden con lo reportado por Han & Kim (2005), quienes indican que los animales con RMF mostraron un incremento del intervalo parto-primer servicio y en el IPC, retrasando la siguiente preñez hasta 2 meses. Adicionalmente, otros parámetros reproductivos fueron también alterados, tales como: incremento del número de servicios por concepción, aumento del intervalo entre partos, elevación de los días abiertos, disminución en la tasa de concepción y disminución de la producción de leche.

Al analizar el número de crías al parto, las vacas con parto gemelar mostraron un promedio del IPC casi 24 días mayor ($160,3 \pm 87,4$ días) a las hembras con parto único ($P < 0,0001$) (Cuadro 2). Asimismo, el 55,5 % (IC95 %: 55,3-55,6) de los animales que presentaron una sola cría al parto presentaron un IPC menor a los 100 días, inferior al obtenido por el 69,1 % de las vacas con parto gemelar (IC95 %: 67,7-70,5) (Cuadro 2). Consistente con esto, el parto gemelar presentó mayor probabilidad de tener un incremento en el IPC (RR= 1,12; IC95 %: 1,09-1,17) (Cuadro 3).

En un estudio realizado por Murillo-Barrantes *et al.* (2010), se observó que, del total de vacas con un IPC por encima de 100 días, el 1,08 % presentó un parto gemelar, contrario a lo percibido en los animales con IPC menores a 80 días, de los cuales solo el 0,54 % tuvo gemelos en el parto analizado ($P < 0,05$). Este efecto concuerda con otros estudios que relacionan el incremento del IPC con los partos gemelares (Echternkamp & Gregory 1999; Hossein-Zadeh 2010).

Otro factor que presentó una relación significativa con el IPC fue la duración del período seco. No se encontró diferencias marcadas entre los porcentajes de IPC > 100 días entre las vacas con \leq de 50 días de período seco y aquellas que tuvieron entre los 51-70 días de secado, aunque sí con las del estrato de > 70 días (Cuadro 2). Además, el período seco mayor de 70 días sí representó riesgo para elevar el IPC (RR= 1,04; IC 95 %: 1,02-1,06) (Cuadros 3 y 4). Los resultados de este estudio coinciden con los de Watters *et al.* (2009), quienes reportan mejores rendimientos productivos y reproductivos, cuando el período seco es de seis semanas antes del parto. Por otra parte, periodos de secado demasiado prolongados, generalmente, resultan en una ganancia de peso excesivo y reducen la eficiencia (re)productiva.

Variables extrínsecas

El promedio del IPC en las diferentes ecozonas oscila entre los 130,8 y 140,2 días ($\pm 75,5-90,6$ d), al ser las vacas que viven en el Bosque Seco Tropical las que presentaron el IPC más alto ($140,2 \pm 88,7$) y las de los bosques Muy Húmedo Premontano y Muy Húmedo Tropical las que presentaron el menor promedio ($130,8 \pm 75,5$ d y $130,8 \pm 77,2$ d respectivamente, $P < 0,0001$) (Cuadro 5).

Comparada con la zona ecológica del Bosque Muy Húmedo Premontano, las vacas del Bosque Húmedo Montano Bajo (RR=1,23; IC95 %: 1,20-1,27), el Bosque Húmedo Tropical (RR=1,09; IC95 %: 1,06-1,12) y el Bosque Seco Tropical (RR=1,08; IC95 %: 1,06-1,09) fueron las que mostraron el mayor riesgo de IPC > 100 días (Cuadro 4). Estas zonas comparten la característica de estar en pisos altitudinales menores a los 1200 msnm, con temperaturas promedio superiores a los 24°C y precipitaciones de 2000-4000 milímetros anuales. Estas variables ambientales inciden en que los animales que viven bajo esas condiciones se expongan a estrés calórico, afectando de esta manera el desarrollo folicular y de los ovocitos alterando así, la fertilidad del animal (West *et al.* 2003; Dikmen & Hansen 2009).



Cuadro 5. Estadística descriptiva y comparación de promedios de variables extrínsecas en ganado lechero especializado de Costa Rica, período 2000-2013.

Variable	Estrato	n	Media	D. E.	P valor
Zona ecológica	Bosque Muy Húmedo-Premontano	37847	130,8	75,5	<0,0001
	Bosque Muy Húmedo-Tropical	55021	130,8	77,2	
	Bosque Húmedo-Montano Bajo	27584	131,2	76,5	
	Bosque Húmedo-Premontano	129419	138,1	85,5	
	Bosque Seco-Tropical	115197	140,2	88,7	
	Bosque Húmedo-Tropical	21504	137,4	76,5	
	Bosque Muy Húmedo-Montano Bajo	48135	138,2	90,6	
Celo no observado	Ausente	112499	126,6	76,3	<0,0001
	Presente	32139	228,1	82,5	
Servicios por concepción	1	216335	92,2	54,5	<0,0001
	1 a 2	104550	137,8	66,8	
	>2	113790	220,1	81,5	
Época de parto	Lluviosa	183833	137,7	86,9	<0,0001
	Seca	250874	135,9	82,2	

Varios autores reportan que el desempeño general de la vaca se ve afectado de forma directa con el incremento del Índice de Temperatura y Humedad (ITH), cuando este valor supera los 70, se observan alteraciones reproductivas, de forma particular en la tasa de concepción y por lo tanto, el IPC (Dikmen & Hansen 2009; Bouraoui *et al.* 2002; Schüller *et al.* 2014). Por otro lado, el estrés calórico es otro punto a considerar cuando se analiza el riesgo de presentar valores de IPC >100d. El ITH considerado el parámetro más común para medir el estrés calórico, determina que valores de 35-72 no afectan el rendimiento productivo y reproductivo de un animal; sin embargo, cuando el ITH supera los 72, se empieza a observar alteraciones en el desempeño de la vaca (Dikmen & Hansen 2009, Bouraoui *et al.* 2002). Cuando un animal se somete a temperaturas elevadas, esto se puede manifestar en una pobre expresión del celo por secreciones reducidas de estradiol, lo que implica el incremento en el IPC (Nardone *et al.* 2010).

El principal problema observado en las zonas ecológicas con mayor ITH, como lo puede ser el Bosque Seco Tropical y el Bosque Húmedo Tropical, ubicados debajo de los 1000 msnm, con precipitaciones de entre 2000–4000 mm y con una temperatura superior a los 24 °C, es una disminución del apetito e ingestión de materia seca, lo que contribuye a un incremento del IPC debido a que conlleva a un balance energético negativo más pronunciado, que altera el desarrollo folicular y los ovocitos. Además de producir un incremento en la temperatura del aparato reproductivo femenino, reduciendo la viabilidad del cigoto (Ashworth *et al.* 2009). Adicionalmente, las secreciones reducidas de estradiol se pueden relacionar con una pobre expresión del celo, lo que implica el incremento en el IPC (Nardone *et al.* 2010).



Con respecto a la variable de celo no observado, el 49,6 % (n=112499) de las veces se detectó antes de los 70 días; en este grupo, el promedio del IPC fue de $126,6 \pm 76,3$ d (Cuadro 5), mientras que, en los animales restantes con celo observado por encima de los 70 d, el promedio de IPC fue de $228,1 \pm 82,5$ d ($P < 0,001$). Esto es un claro indicador de que la detección de celo es un aspecto difícil de manejar en las fincas, y esto influye de forma directa en el IPC, además del efecto causado por los servicios por concepción.

La no observación del celo antes de los 70 días postparto presentó una probabilidad de más de 40 % de tener IPC >100 d (RR=1,39; IC 95 %: 1,36-1,42) (Cuadro 4). De hecho, este factor, junto con el de servicios por concepción, fueron los que más peso tuvieron sobre el valor de IPC en las vacas analizadas. Esto indica que, en las lecherías especializadas, la correcta detección de celo es indispensable para mantener el IPC dentro de los límites ideales. Factores como el número de observaciones y el tiempo destinado a la detección del estro, así como variables ambientales y de alojamiento, como el tipo de piso en el que se encuentra el animal (tierra, hule o concreto) y la hora del día de la observación, son variables que determinan la eficacia de un programa de detección de celos adecuado (Roelofs *et al.* 2010).

En un estudio realizado en Francia (Ducrot *et al.* 1999) se indica que el 44 % de las vacas que se encuentran en celo no son detectadas por el encargado de esta labor (fallas en la intensidad o eficiencia de detección) y que un 11 % de animales en anestro son considerados en celo (fallas en la seguridad o en la exactitud de la detección). Estas fallas se encuentran relacionadas con el intervalo parto concepción, índice coital y tasas de descarte por fallas en la concepción, produciendo considerables pérdidas económicas (Van Eerdenburg *et al.* 1996; Roelofs *et al.* 2010).

Por otro lado, los animales con más de dos servicios por concepción (SPC) presentaron un promedio de 220,1 días de IPC ($\pm 81,5$ días), mientras que aquellos con un solo servicio presentaron 92,2 días ($\pm 54,5$ d) (Cuadro 2). Asimismo, los animales que recibieron dos SPC mostraron más del doble de probabilidad de tener IPC > 100 d (RR=2,20; IC95 %: 2,18-2,23), con un riesgo aún mayor en las vacas con tres o más SPC (RR= 3,19; IC95 %: 3,16-3,22; $P < 0,0001$) (Cuadros 4 y 5).

Múltiples factores relacionados con la eficacia en el servicio han sido estudiados, con el objetivo de aumentarla, sea por monta natural o por inseminación artificial. La mayoría apuntan a factores inmediatos al servicio como la detección del celo, la calidad del semen o del toro en monta natural, la habilidad del inseminador, el momento del servicio, el mantenimiento y el manejo del semen congelado; o a factores más mediatos, entre los cuales se pueden citar como más importantes: el manejo de la época de transición, la ingesta de materia seca, el balance energético negativo, las enfermedades infecciosas, las enfermedades metabólicas. El estudio de estos factores en cada sistema de producción se hace crucial (Gröhn & Rajala-Schultz 2000). Desafortunadamente, muchos de esos factores relacionados a aspectos del manejo propio de cada lechería, no fueron analizados en este estudio, pues esa información no es registrada por los usuarios del sistema VAMPP Bovino. Por lo que queda la puerta abierta a ampliar los alcances de este estudio con otros que tomen en cuenta estos factores.

Conclusiones

Es evidente que existe un problema importante en la mayoría de los sistemas de lechería especializada de Costa Rica, más del 50 % de las vacas presentó IPC > 100 días todos los años, llegando inclusive a un 58 % en los años 2005 y 2009. Sin embargo, las amplias variaciones observadas en el IPC, aun dentro de



los mismos estratos, indican que hay vacas que logran IPC deseables dentro de la misma explotación, por lo que identificar los factores que hacen la diferencia (factores de riesgo) es necesario y crucial.

Si bien todas las variables analizadas mostraron asociación epidemiológica con un IPC > 100d, hay algunas que no superan el 5 % de riesgo; las relacionadas con el manejo interno de los hatos, tales como dos o más servicios por concepción y el celo no detectado, mostraron efectos negativos dramáticos sobre el IPC. De ese modo, es importante educar a los productores para mantener mejores protocolos de detección de celo y de técnicas de servicio, para obtener superiores resultados dentro de los sistemas productivos. La realización de nuevos estudios en el futuro, sobre esos dos factores y las variables específicas dentro de los hatos que los pueden afectar, es importante para ampliar la información sobre el IPC en Costa Rica, en beneficio del sector productivo lechero.

Referencias

- Arbel, R., Bigun, Y, Ezra, E., Sturman, H., & Hojman, D. 2001. The Effect of Extended Calving Intervals in High Lactating Cows on Milk Production and Profitability *J. Dairy Sci.* 84 (3):600–608. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74513-4
- Ashworth, C.J., Toma, L.M., & Hunter, M.G. 2009. Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. *Philos. Trans. R. Soc.* (364): 3351–3361. doi: 10.1098/rstb.2009.0184
- Aungier, S.P.M., Roche, J.F., Diskin, M.G., & Crowe, M.A. 2014. Risk factors that affect reproductive target achievement in fertile dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97(6): 3472–87. doi: 10.3168/jds.2013-7404
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., & Robledo, C. 2008. Infostat versión 2008 (Universidad de Córdoba, Ed.). Brujas, Argentina.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellstrom, T. 2008. *Epidemiología Básica*. 2nd Edition. Organización Panamericana de la Salud, Washington D.C.
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, N., & R. Belyea. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res* 51: 479–491. doi: 10.1051/animres:2002036
- Brand, A., Noordhuizen, J.P.T.M., & Schukken, Y.H. 1997. *Herd Health and Production Management in dairy practice*. 2nd Edition. Wageningen Pers.
- Buckley, F., O’Sullivan, K., Mee, J.F., Evans, R.D., & Dillon, P. 2003. Relationships Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-Calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86(7): 2308–2319. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73823-5
- Castillo-Badilla, G., Salazar-Carranza, M., Murillo-Herrera, J., Hueckmann-Voss, F., & Romero-Zúñiga, J.J. 2015. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros reproductivos en la primera lactancia de vacas Holstein y Jersey de Costa Rica *33(506)*: 33–45. doi: 10.15359/rcv.33-1.2
- Cook, J.G., & Green, M.J. 2016. Use of early lactation milk recording data to predict the calving to conception interval in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 99 (6): 4699–4706. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10264>.



- Dawson, B., & Trapp, R.G. 2005. *Bioestadística Médica*. 4th Edition. Manual Moderno, México D.F. p.404
- DeGaris, P., Lean, I., Rabiee, A., & Heuer, C. 2010. Effects of increasing days of exposure to prepartum transition diets on reproduction and health in dairy cows. *Aust. Vet. J.* 88(3): 84–92. doi: 10.1111/j.1751-0813.2009.00529.x
- De Vries, A., Van Leeuwen, J., & Thatcher, W.W. 2005. *Economics of Improved Reproductive Performance in Dairy Cattle (AN156)*. Department of Animal Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <http://ufdc.ufl.edu/IR00003765/00001> (Accessed: 11 december 2018)
- Dijkhuizen, A. A., Stelwagen, J., & Renkema, J. A. 1985. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. I. Financial loss at farm level. *Preventive Veterinary Medicine.* 3 (3):251-263. doi: 10.1016/0167-5877(85)90020-0
- Dikmen, S., & Hansen, P.J. 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. doi:10.3168/jds.2008-1370
- Ducrot, C., Y.T. Gröhn, F. Bugnard, Y. Senlis, P. Sulpice, R.O. Gilbert, & Bugnard, F. 1999. A field study on estrus detection in lactating beef cattle. *Vet. Res* (30): 87-98.
- Eaglen, S., M. Coffey, J. Woolliams, R. Mrode, & Wall, E. 2011. Phenotypic effects of calving ease on the subsequent fertility and milk production of dam and calf in UK Holstein-Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 94: 5413–5423. doi: 10.3168/jds.2010-4040
- Echternkamp, S.E., & Gregory, K.E. 1999. Effects of Twinning on Postpartum Reproductive Performance in Cattle Selected for Twin Births. *J. Anim. Sci.* 77(1):48-60.
- Gebeyehu, G., Belihu, K., & Berihun, A. 2007. Effect of parity, season and year on reproductive performance and herd life of Friesian cows at Stella private dairy farm, Ethiopia. *Livest. Res. Rural Dev.* 19(7)
- Gröhn, Y.T., & Rajala-Schultz, P.J. 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60–61: 605–614. doi: 10.1016/S0378-4320(00)00085-3
- Gür, S., & Dogan, N. 2010. The possible role of bovine herpesvirus type-4 infection in cow infertility. *Anim. Sci. J.* (81): 304–308. doi: 10.1111/j.1740-0929.2010.00743.x
- Han, Y.-K., & Kim, I.-H. 2005. Risk factors for retained placenta and the effect of retained placenta on the occurrence of postpartum diseases and subsequent reproductive performance in dairy cows. *J. Vet. Sci.* 6(1): 53–59.
- Heinrichs, A.J., & Heinrichs, B.S. 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. doi: 10.3168/jds.2010-3170
- Holmann, F.J., Shumway, R., Blake, R.W., Schwart, R.B., & Sudweeks, E.M. 1984. Economic Value of Days Open for Holstein Cows of Alternative Milk Yields with Varying Calving Intervals. *J. Dairy Sci.* 67 (3): 636–643. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81349-1



- Hosmer, D.W., & Lemeshow, S. 1980. Goodness of fit tests for the multiple logistic regression model. *Commun. Stat. - Theory Methods*, 9(10): 1043–1069.
- Hossein-Zadeh, N. 2010. The effect of twinning on milk yield, dystocia, calf birth weight and open days in Holstein dairy cows of Iran. *J. Anim. Physiology Anim. Nutr.* 94: 780–787. doi: 10.1111/j.1439-0396.2009.00963.x
- Lammoglia-Villagómez, M.Á., Ávila-García, J., Alarcón-Zapata, M.A., Cabrera-Núñez, A., Gutiérrez-Rodríguez, A., & Daniel-Rentería, I. 2013. Rendimientos productivos y reproductivos de vacas lecheras en el primer cruzamiento rotativo en el altiplano del centro de México. *Vet. México* 44(1): 17–22.
- López de Maturana, E., Legarra, A., Varona, L., & Ugarte, E. 2007. Analysis of Fertility and Dystocia in Holsteins Using Recursive Models to Handle Censored and Categorical Data. *J. Dairy Sci.* 90(4): 2012–2024. doi: 10.3168/jds.2005-442
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *J. Dairy Sci.* 84(6): 1277–1293. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0
- Mee, J.F. 2008. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. *Vet. J.* 176(1): 93–101. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.032
- Mestries, F. 2009. La crisis de la tortilla en los albores del sexenio de Felipe Calderón. ¿Libre mercado o ley de los monopolios? *El Cotid.* 155: 87–93.
- Motlagh, M.K., Roohani, Z., Shahne, A.Z., & Moradi, M. 2013. Effects of age at calving, parity, year and season on reproductive performance of dairy cattle in Tehran and Qazvin Provinces, Iran. *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.* 3(10): 337–342.
- Murillo-Barrantes, J., Estrada-Konig, S., Rojas-Campos, J., Bolaños-Segura, M., Valverde-Altamirano, E., & Romero-Zúñiga, J.J. 2010. Efecto de partos gemelares sobre parámetros productivos y reproductivos en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica. *Rev. Ciencias Vet.* 28(2): 69–87.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M., & Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science.* 130 (2010): 57–69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011
- Noordhuizen, J.P.T.M., Frankena, K., Thrusfield, M., & Graat, E.A. 2001. *Application of Quantitative Methods in Veterinary Epidemiology*. 2nd Edition. Wageningen Pers, The Netherlands.
- Rodríguez-Martínez, H., Hultgren, J., Båge, R., Bergqvist, A., Svensson, C., Bergsten, C., Lidfors, L., Gunnarsson, S., Algers, B., Emanuelson, U., Berglund, B., Andersson, G., Haard, M., Lindhé, B., Stalalhammar, H., & Gustafsson, H. 2008. Reproductive performance in high-producing dairy cows : Can we sustain it under current practice ? https://pub.epsilon.slu.se/3502/1/RodriguezM_etal_090122.pdf. (Accessed 12 december 2018).
- Roelofs, J., López-Gatiús, F., Hunter, R.H.F., van Eerdenburg, F.J.C.M., & Hanzen, C. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74(3): 327–344. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.02.016
- Romero, J., Dávila, G., Beita, G., & Dolz, G. 2015. Relación entre el estado serológico a Leucosis Bovina Enzoótica y parámetros reproductivos en hatos lecheros especializados de Costa Rica. *Agron. Costarric.* 39(2): 7–18.



- Schüller, L.K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology* (81): 1050–1057. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.01.029
- Sheldon, I.M., Williams, E.J., Miller, A.N.A., Nash, D.M., & Herath, S. 2008. Uterine diseases in cattle after parturition. *Vet. J.* 176: 115–121. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.031
- Van Saun, R.. *Transition Cow Nutrition and Management: The Key to Herd Reproductive Performance*. Penn State Univ.: 1–14. https://www.researchgate.net/publication/242724156_Transition_Cow_Nutrition_and_Management_The_Key_to_Herd_Reproductive_Performance. (Accessed 5 november 2018)
- Vargas-Leitón, B., & Cuevas-Abrego, M. 2009. Modelo estocástico para estimación de valores económicos de rasgos productivos y funcionales en bovinos lecheros. *Agrociencia* 43(8): 881–893.
- Vargas-Leitón, B., Marín-Marín, Y., & Romero-Zúñiga, J.J. 2012. Comparación Bioeconómica de grupos raciales Holstein, Jersey y Holstein x Jersey en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 23(2): 329–342.
- Vargas, B., Van der Lende, T., Baaijen, M., & Van Arendonk, J.A.M.. 1998. Event-Time Analysis of Reproductive Traits of Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 81(11): 2881–2889. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75848-5
- Walsh, S.W., Williams, E.J., & Evans, A.C. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 123(3–4): 127–138. doi: 10.1016/j.anireprosci.2010.12.001
- Washburn, S.P., Silvia, W.J., Brown, C.H., Mcdaniel, B.T., & Mcallister, A.J. 2002. Trends in Reproductive Performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI Herds. *J. Dairy Sci* 85 (1): 244–251. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74073-3
- Wathes, D.C., Cheng, Z., Bourne, N., Taylor, V.J., Coffey, M.P., & Brotherstone, S. 2007a. Differences between primiparous and multiparous dairy cows in the inter-relationships between metabolic traits, milk yield and body condition score in the periparturient period. *Domest. Anim. Endocrinol.* 33(2): 203–225. doi: 10.1016/j.domaniend.2006.05.004
- Wathes, D., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D., Kenny, D., Murphy, J., & Fitzpatrick, R. 2007b. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology* 68, Suppl 1: S232–S241. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007.04.006
- Watters, R.D., Wiltbank, M.C., Guenther, J.N., Brickner, A.E., Rastani, R.R., Fricke, P.M., & Grummer, R.R. 2009. Effect of dry period length on reproduction during the subsequent lactation. *J. Dairy Sci.* 92(7): 3081–3090. doi: 10.3168/jds.2008-1294
- West, J.W., Mullinix, B.G., & Bernard, J.K. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(1): 232–242. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9