

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“EDAD AL PRIMER PARTO Y PRODUCTIVIDAD LECHERA DE LA  
RAZA HOLSTEIN EN LA COSTA CENTRAL DE PERÚ (2003-2012)”**

**Presentada por:**

**EMMANUEL ALEXANDER SESSAREGO DÁVILA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Lima – Perú**

**2017**

## **DEDICATORIA**

“A mi madre Martha,  
con todo mi amor y gratitud  
por su sacrificio y dedicación”

“A Eimy, el amor de mi vida,  
por iluminar mis días y  
motivarme para salir adelante”

“A mis abuelitos Hortencia y Juan,  
por su comprensión y cariños brindados”

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por regalarme la vida; y a todas aquellas personas que con su colaboración hicieron posible la presente investigación:

- A mis maestros: Dr. Juan Chávez Cossío y Dr. Alberto Barrón López, por haberme permitido contar con sus valiosos patrocinios, el cual constituye un honor en mi trayectoria profesional.

- A los miembros de mi comité consejero: Dr. Gustavo Gutiérrez Reynoso, Mg.Sc. José Almeyda Matías y Mg.Sc. Enrique Alvarado Malca, por sus valiosos aportes y correcciones.

- Al Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por otorgarme el permiso correspondiente para la recolección de datos, y al personal administrativo por su amabilidad.

- A mis profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con mucho aprecio y sincera amistad. Asimismo, a los Mg.Sc. Manuel López Chero y Cecilio Barrantes Campos, por su apoyo en el diseño estadístico y análisis de datos.

- A mis compañeros de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por los gratos recuerdos compartidos y su apoyo constante, en especial al Ing. Angel Vásquez Requena.

- A Marlene Rosadio Lucho, porque estás ahí cuando yo no estoy y por tu coraje para educar a nuestra hija. Gracias a ello, será la mejor.

- A mis padrinos Gilberto y Rosa, por su comprensión, confianza y apoyo incondicional ofrecidos durante toda mi formación profesional.

¡A TODOS MUCHAS GRACIAS!

## **EDAD AL PRIMER PARTO Y PRODUCTIVIDAD LECHERA DE LA RAZA HOLSTEIN EN LA COSTA CENTRAL DEL PERU (2003 – 2012)**

### **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la edad al primer parto (EPP) sobre la producción de leche estandarizada (PLE) e intervalo entre partos (IEP), en ganado bovino Holstein de la cuenca lechera de Lima. Para ello, se analizaron registros de 4,215 vacas provenientes de nueve establos, registrados en el Servicio de Productividad Lechera conducido por el Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre enero del 2003 y diciembre del 2012. La información se analizó mediante estadística descriptiva y un modelo lineal mixto, utilizando el paquete estadístico SAS 9.4. La EPP promedio para los animales que formaron parte del estudio fue  $24.89 \pm 2.34$  meses. La PLE promedio en la primera lactación fue de  $8,275.72 \pm 1,471.10$  kg, mientras que para la segunda lactación fue de  $9,068.53 \pm 1,746.98$  kg. Los IEP promedios entre el primer y segundo, y entre el segundo y tercer parto fueron de  $437.22 \pm 93.69$  y  $447.39 \pm 94.40$  días, respectivamente. La EPP influyó en la PLE ( $P=0.0008$ ), pero no en el IEP ( $P=0.3969$ ). Asimismo, se encontraron diferencias significativas ( $P<0.01$ ) entre las dos lactaciones, entre las cuatro estaciones del año y entre los 10 años evaluados, para las dos variables en estudio. En conclusión, se observaron mayores PLE y menores IEP a edades intermedias, entre 22 y 30 meses, por lo que la EPP óptima estaría alrededor de los 22 meses, para lograr maximizar el rendimiento productivo, reproductivo y económico.

**Palabras clave:** edad al primer parto, producción de leche, intervalo entre partos, holstein, costa central del Perú.

**AGE AT FIRST CALVING AND DAIRY PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN BREED  
IN THE CENTRAL COAST OF PERU (2003 – 2012)**

**ABSTRACT**

Records of 4,215 cows, from nine dairy herds at Lima region, registered in the Dairy Productivity Service conducted by the Animal Research and Social Improvement Program of the National Agrarian University La Molina (PMA-UNALM), collected between January 2003 and December 2012, were analyzed to determine the effect of age at first calving (AFC) on standardized milk production (SMP) and calving interval (CI). The information was analyzed using descriptive statistics and a mixed linear model, using the statistical package SAS 9.4. The mean AFC found was of  $24.89 \pm 2.34$  months; and the mean SMP for the first lactation was  $8,275.72 \pm 1,471.10$  kg, whereas for the second lactation it was  $9,068.53 \pm 1,746.98$  kg. The mean CI, between the first and second and between the second and third calving were  $437.22 \pm 93.69$  and  $447.39 \pm 94.40$  days, respectively. AFC influenced the SMP ( $P = 0.0008$ ), but not CI ( $P = 0.3969$ ). Also, significant differences ( $P < 0.01$ ) were found between lactations, between seasons and between years, for the two traits under study. It was concluded that higher SMP and lower CI were observed at intermediate ages, between 22 and 30 months, so that the optimal AFC would be around 22 months, which would maximize the productive, reproductive and economic yield of dairy cows.

**Key Words:** age at first calving, milk production, calving interval, holstein, central coast of Peru

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	03
	2.1. Crianza de terneras y vaquillas lecheras de reemplazo	03
	2.2. Evaluación productiva y reproductiva de vacas lecheras	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
	3.1. Tipo y diseño de la investigación	18
	3.2. Población de estudio	18
	3.3. Muestra necesaria	19
	3.4. Identificación de variables	19
	3.5. Instrumentos de colecta de datos	20
	3.6. Procedimientos de análisis de datos	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
	4.1. Parámetros evaluados	22
	4.1.1. Edad al primer parto	22
	4.1.2. Producción de leche estandarizada	24
	4.1.3. Intervalo entre partos	26
	4.2. Efectos sobre la producción de leche	27
	4.3. Efectos sobre el intervalo entre partos	30
V.	CONCLUSIONES	33
VI.	RECOMENDACIONES	34
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
VIII.	ANEXOS	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Contenido nutricional recomendado para raciones en vaquillas y vaquillonas (expresado como materia seca) de razas grandes	07
Tabla 2	Identificación de variables, tipos y unidad de medida	19
Tabla 3	Edad al primer parto, producción de leche e intervalo entre partos, en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012	22
Tabla 4	Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ error estándar e intervalo de confianza) para la producción de leche estandarizada, de acuerdo a la edad al primer parto	28
Tabla 5	Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ error estándar e intervalo de confianza) para el intervalo entre partos, de acuerdo a la edad al primer parto	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Histograma de frecuencias para la edad al primer parto (meses), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012 24
- Figura 2 Histograma de frecuencias para la producción de leche estandarizada (kg), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012 25
- Figura 3 Histograma de frecuencias para el intervalo entre partos (días), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012 27

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01	Desglose del número de vacas utilizadas, por establos y su ubicación	45
Anexo 02	Análisis de varianza para la producción de leche estandarizada (kg)	46
Anexo 03	Análisis de varianza para el intervalo entre partos (log)	47
Anexo 04	Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ error estándar e intervalo de confianza) para la producción de leche estandarizada, de acuerdo al número de parto, estación de parto y años evaluados	48
Anexo 05	Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ error estándar e intervalo de confianza) para el intervalo entre partos, de acuerdo al número de parto, estación de parto y años evaluados	49

## I. INTRODUCCIÓN

La crianza de animales de reemplazo es un aspecto muy importante del manejo integral dentro de un establo lechero y puede ser caracterizado como un periodo de larga duración y alto costo (Zanton y Heinrichs, 2005). Por ello, se busca constantemente estrategias que permitan mejorar el sistema de reemplazo y a la vez reducir los costos asociados a éste (Bouska *et al.*, 2007), que en algunos casos representa hasta el 20 por ciento de los costos totales de producción (Heinrichs, 1993).

Dicho costo se puede reducir por medio de la aceleración de la tasa de crecimiento y de la inseminación temprana, con lo cual se acorta la edad al primer parto (Hoffman *et al.*, 1996; Pietersma *et al.*, 2006). En este sentido, Haworth *et al.* (2008) mencionan que la edad adecuada para el primer parto de una vaquillona tiene un efecto significativo en el rendimiento productivo y reproductivo del animal durante su vida. Es así que, los programas de vaquillas de reemplazo de razas lecheras se han trazado como meta que la edad al primer parto sea de 24 meses, ya que esto implica una disminución en los costos de producción (Pirlo *et al.*, 2000).

En los EE.UU., la edad al primer parto promedio de las vaquillas de razas lecheras es de 25,4 meses. Partos más allá de los 24 meses son poco rentable, y en general, la manutención mensual después de los 24 meses de edad le cuesta a un ganadero entre 50 y 75 dólares por vaquilla (Bailey y Currin, 2009).

Bormann *et al.* (2002) señalan que vaquillonas que paren a una corta edad tienen una menor producción de leche durante su primera lactación, sin embargo, su producción total por día y su rendimiento durante su vida productiva son significativamente mayores que aquellas vaquillas que tuvieron su primer parto a una edad más avanzada. De la misma manera, Meyer *et al.* (2004) indicaron que la reducción de la edad al primer parto puede incrementar la rentabilidad del establo por medio del aumento del desempeño productivo de la vaca durante toda su vida.

Sin embargo, Thompson *et al.* (1983) observaron que las distocias aumentaban significativamente cuando la edad al primer parto sucedía antes de los 22 meses, explicando en parte el efecto perjudicial del parto temprano en la producción de leche y el desempeño reproductivo. Por otro lado, Simerl *et al.* (1992) no encontraron ninguna relación entre la edad al primer parto y la reproducción. Por último, Clark y Touchberry (1962) y Moore *et al.* (1991) encontraron correlaciones moderadamente positivas entre la edad al primer parto y la producción de leche, grasa y proteína.

Por todo lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de la edad al primer parto sobre la producción lechera e intervalo entre partos del ganado bovino lechero, para así determinar la edad óptima al primer parto, con la cual se pueda maximizar la performance productiva/reproductiva y por ende, la rentabilidad de las empresas ganaderas en la cuenca de Lima, durante el periodo 2003-2012.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Crianza de terneras y vaquillas lecheras de reemplazo**

El propósito de la crianza de terneras y vaquillas es proporcionar reemplazos para las vacas viejas que saldrán a camal y así contribuir con el progreso genético del establo (Looper y Bethard, 2000), sin embargo, dicha crianza es costosa. Se estima que está bordeando alrededor del 20 por ciento de los costos totales, y está considerado como el segundo o tercer componente más grande en los costos de producción, después de la alimentación y posiblemente la mano de obra, en la mayoría de los establos lecheros (Heinrichs, 2001).

Asimismo, un programa de recría eficiente, además de ejercer una mayor presión sobre el descarte voluntario de vacas viejas y acelerar el progreso genético, expande el tamaño del establo lechero y produce ingresos económicos adicionales a partir de la venta de vaquillonas excedentes (Olguin y Bernal, 2000).

En la mayoría de establos lecheros, los ganaderos están reemplazando entre 25 y 30 por ciento de sus vacas cada año, esto representa un gran número de vaquillas que se crían y una gran inversión; por ello, la importancia de tener un programa de vaquillas eficiente, que involucre muchos aspectos como genética, nutrición, instalaciones y manejo en general. Cabe resaltar que no existe un programa específico que funcione para todos, sin embargo, todos los sistemas de crianza de vaquillas tienen muchos de los mismos componentes (Heinrichs y Swartz, 1990).

Antes de pasar a detallar los diferentes aspectos de la crianza de vaquillas lecheras, se debe entender a la crianza de reemplazos como el manejo de diferentes tipos de animales y por ende, es recomendable agruparlos en diferentes categorías, según su edad y/o estado fisiológico, con la finalidad de facilitar y optimizar los programas de alimentación, manejo y sanidad (Almeyda, 2005). Estas categorías son las que siguen a continuación:

- **Ternera lactante:** Desde el nacimiento hasta el destete.
- **Ternera destetada:** Desde el destete hasta los cuatro meses de edad.
- **Ternera en crecimiento:** Desde los cinco hasta los 12 meses de edad.
- **Vaquilla:** Desde los 13 meses de edad hasta la edad en que es servida y queda preñada.
- **Vaquillona:** Desde el diagnóstico positivo de preñez hasta la fecha de su primer parto.

En adelante, cuando se toquen los diferentes tópicos, se hará referencia únicamente a las dos últimas categorías (vaquilla y vaquillona), salvo en el sub-capítulo de Sanidad.

### **2.1.1. Manejo general**

Wattiaux (1998) indica que cuando los animales llegan a vaquillas (13 meses) tienen la suficiente capacidad ruminal para un crecimiento adecuado si son alimentadas con raciones que únicamente contienen forrajes de buena calidad. Para esta categoría, Almeyda (2005) recomienda las siguientes actividades rutinarias:

- a) Suministrar diariamente forraje verde de calidad, y complementar la ración con la adición de pre-mezclas vitamínico-minerales.
- b) Realizar el primer servicio, debido a que en esta etapa la vaquilla ha concluido su madurez sexual. Para ello, es fundamental que se disponga de la información de peso, talla y edad, así como de la detección de celo.
- c) Después de realizado el servicio, si la vaquilla no retorna a celo, entre los 45 y 60 días se debe efectuar el diagnóstico de preñez (palpación rectal) para confirmar la gestación.

- d) Registrar de manera permanente información básica de cada animal como: Peso corporal, talla y ocurrencia de celo.

La puntuación de condición corporal es una herramienta útil para monitorear el correcto desarrollo de las vaquillas. En general, las vaquillas tienen puntajes más bajos que las vacas y no deben exceder de 3.5. Asimismo, se recomienda que las vaquillas mayores de seis meses de edad presenten una condición corporal de 2.5 a 3.0 hasta la edad reproductiva, y después del servicio (con preñez efectiva), vayan aumentando gradualmente desde 3.0 hasta 3.5 en el momento del parto (Kellogg, 2009).

Almeyda (2005) menciona a continuación, las principales acciones a realizar con las vaquillonas:

- a) Suministrar diariamente forraje verde de calidad y complementar la ración con la adición de pre-mezclas vitamínico-minerales.
- b) Evitar el exceso de condición corporal mayor a 3.5 debido a que esto conlleva a mayor incidencia de distocias y problemas metabólicos después del parto.
- c) Tres semanas antes de la fecha calculada del parto, hay que preparar al animal a una nueva ración alimenticia, así como manejarla para que se acostumbre al primer ordeño.

### **2.1.2. Programa de alimentación**

El principal objetivo de todo programa de alimentación para vaquillas de reemplazo es tener animales con buena tasa de crecimiento y que puedan ser inseminadas a una edad temprana; esto permitirá que paran a una edad más temprana, de forma que comience a generar ingresos lo más antes posible (Schingoethe & Garcia, 2004). Los mismos autores mencionan, además, que un tamaño inadecuado al primer parto puede limitar la producción lechera y la tasa de concepción durante la primera

lactancia, y por el contrario, el suministro de un exceso de energía entre los tres y 10 meses de edad, puede tener efectos negativos sobre el desarrollo de la glándula mamaria, lo cual afecta negativamente el desempeño en la siguiente lactación.

Un objetivo secundario del programa de alimentación es reducir al mínimo los costos y al mismo tiempo maximizar la rentabilidad de los gastos incurridos, sin afectar el medio ambiente ni el bienestar de las vaquillas (Heinrichs *et al.*, 2011).

Para obtener vaquillas sanas, maduras sexualmente, con desarrollo corporal adecuado para el servicio (13 a 15 meses de edad) y así lograr partos entre los 22 y 24 meses de edad, Almeyda (2005) señala algunas consideraciones a tener en cuenta para la formulación de raciones de estas categorías:

- a) Las vaquillas de 13 a 15 meses y las vaquillonas de 16 a 21 meses, no requieren necesariamente de granos como suplemento y proteína adicional a las fuentes de forraje.
- b) Las vaquillonas mayores a 21 meses reciben una alimentación similar al grupo anterior, pero deben ser suplementadas con altos niveles de minerales traza y vitaminas.
- c) Todas las vaquillas y vaquillonas deben ser alimentadas de manera forzada con un paquete de minerales y vitaminas (que no sean de libre acceso) mezclado con forraje o grano.
- d) Los forrajes de mala calidad no permitirán que se tenga éxito en los programas de crecimiento acelerado, y con ello, se perdería entre 45 y 60 dólares por mes de atraso al parto.

A continuación, se detallan los requerimientos nutricionales tanto para vaquillas como vaquillonas, según la NRC (National Research Council).

**Tabla 1.** Contenido nutricional recomendado para raciones en vaquillas y vaquillonas (expresado como materia seca) de razas grandes

<b>Parámetro</b>	<b>Vaquillas y vaquillonas de 13 a 24 meses</b>	<b>Vaquillonas 2 meses antes del parto</b>
Peso corporal, kg.	450	550 – 570
Consumo materia seca, kg.	11.4	10.9
Energía NDT, % de la M.S.	65	70
Proteína cruda, %	12	15
FDA, %	23	25
FDN, %	33	35
Grasa, %	2	3
Calcio, %	0.37	0.48
Fósforo, %	0.18	0.26
Potasio, %	0.46	0.52
Sodio, %	0.07	0.14
Cloro, %	0.10	0.20
Cobalto, ppm	0.11	0.11
Cobre, ppm	9	16
Manganeso, ppm	14	22
Zinc, ppm	18	30
Selenio, ppm	0.30	0.30
Vit. A, UI	36 000	75 000
Vit. E, UI	360	2 000

**Fuente:** Adaptado del NRC (1989, 2001); citado por Hutjens (2003).

### 2.1.3. Sanidad

El futuro de un establo lechero depende de la producción de vaquillas para reemplazar a las vacas lactantes sacrificadas. Por tanto, es imperativo que el estado de salud del animal de reemplazo esté optimizado para así presentar una vaquilla sana al primer parto e incorporarla a la categoría de producción (Bailey *et al.*, 2009).

Los principales problemas de salud en terneras, vaquillas y vaquillonas son los parásitos internos, los parásitos externos e infecciones que causan problemas respiratorios y abortos (Heinrichs y Swartz, 1990). Al respecto, estudios realizados en establos lecheros de la cuenca de Lima reportaron que algunas infecciones virales, bacterianas y/o parasitarias son prevalentes (Silva *et al.*, 2002). Muchas de ellas, como el IBR y BVD, fueron introducidas con la importación de vaquillonas de reemplazo, las cuales desembarcaron en el puerto del Callao (Sánchez *et al.*, 2003).

Bailey *et al.* (2009) mostraron estudios que demuestran de forma consistente los efectos perjudiciales de la neumonía en terneras sobre la edad al primer parto y en la producción de leche una vez que estos animales entran a producción. Terneras con infecciones respiratorias fueron dos veces más propensas a abandonar el establo y la edad al primer parto se retrasó por 6 meses en comparación con las terneras que no experimentaron enfermedad respiratoria o neumonía. En otro estudio, las terneras tratadas por diarrea fueron tres veces más propensas a parir a  $\geq 30$  meses de edad.

La mayoría de los establos lecheros tienen un programa sanitario de rutina para la recría, que consiste básicamente en: Desparasitación (a iniciarse poco después del destete), tanto interna como externa, ya que los parásitos pueden causar graves pérdidas económicas, debido a que afectan la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia; y vacunación de vaquillonas pre-parto contra IBR, BVD y PI3 (Heinrichs y Swartz, 1990; Bailey *et al.*, 2009).

Respecto al último punto, los programas de vacunación en vaquillas se deben adaptar a proteger contra las enfermedades prevalentes en la zona y las enfermedades específicas del establo. La mayoría de las vacunas se inician entre los 4 y 5 meses de edad, cuando la protección materna adquirida en el calostro ha disminuido y se extienden hasta 45 o 60 días antes del parto, para tener un nivel suficiente de inmunoglobulinas en el calostro de la próxima cría (Bailey *et al.*, 2009).

#### **2.1.4. Manejo reproductivo**

Las vaquillas llegan a la pubertad, cuando exhiben el comportamiento normal del celo y ocurre la ovulación al final de éste (Heinrichs y Swartz, 1990). El inicio de la pubertad está más estrechamente relacionado con el peso corporal que con la edad (Araujo, 2004); el autor sostiene además que la pubertad se alcanza aproximadamente cuando la vaquilla lechera obtiene entre un 45 y 55 por ciento del peso total a edad adulta. Ello indica, que la pubertad aparece a una edad fisiológica específica, y no a una edad cronológica (Hafez, 2000).

Perkins (1995) propone como primera meta para comenzar el manejo reproductivo en vaquillas Holstein que pesen de 350 a 360 kg y midan 1.25 mt. de altura a la cruz, lo cual se logra generalmente a los 13 meses de edad con un buen manejo de la recria.

En la actualidad, el productor lechero busca que sus vaquillas alcancen la madurez corporal precozmente con el fin de incorporarlas rápidamente a la producción y con ello obtener mayores ganancias (Stevenson, 1995). Así, el mayor desafío reproductivo para las vaquillas es obtener la concepción entre los 14 y 15 meses de edad para asegurar una edad al primer parto de 23 a 24 meses de edad, y para lograrlo es fundamental que las vaquillas inicien su pubertad entre los 11 a 13 meses de edad (Fricke, 2004).

Heinrichs y Swartz (1990) indican que la pubertad se retrasa si el crecimiento se ralentiza por subalimentación, enfermedades o parásitos. Los niveles de energía en la dieta pueden conllevar a la inactividad ovárica. La ingesta inadecuada de proteínas y los problemas nutricionales que conducen a la anemia puede causar celos silenciosos o irregulares. Las deficiencias de fósforo, vitamina A y E también pueden afectar a la reproducción de las vaquillas.

Por mucho tiempo se han recomendado programas de inseminación artificial (I.A.) a productores que crían vaquillas de reemplazo, debido a las ventajas genéticas y económicas comprobadas del uso de la I.A. comparado con la monta natural en el ganado lechero (Fricke *et al.*, 2003). En la mayoría de los casos, las ventajas de usar I.A. en vaquillas son mayores que cuando se utiliza en vacas.

En primer lugar, los programas de I.A. en vaquillas aceleran el progreso genético porque los terneros nacidos contribuyen proporcionalmente con un número mayor de crías disponibles para reemplazo comparado con vacas viejas (Fricke *et al.*, 2003). Segundo, el costo del semen por preñez y por hembra de reemplazo producida son menores para las vaquillas porque éstas tienen mayores tasas de concepción (74 vs. 39 por ciento; Pursley *et al.*, 1997). Finalmente, los programas de I.A. en vaquillas permiten el uso de toros Holstein con facilidad al parto comprobada.

Un programa de I.A. exitoso implica la detección de celo y la inseminación rutinaria oportuna. La detección de celo puede ser más fácil y más eficiente mediante el uso de crayones o tizas marcadas, toros con el pene desviado quirúrgicamente o vaquillas androgenizadas (Heinrichs y Swartz, 1990). Los mismos autores resaltan, además, que se deberá disponer de instalaciones adecuadas que permitan observar a las vaquillas cuando estén en celo, además de bretes para realizar la I.A., sincronización de celos, diagnósticos de preñez y posiblemente transferencias de embriones.

Definitivamente, el método más efectivo para acelerar el progreso genético y maximizar la rentabilidad de un establo lechero es la I.A. Se ha logrado algún progreso en el desarrollo de protocolos que permitan I.A. a tiempo fijo en vaquillas, por medio de modificaciones de Ovsynch y el uso de dispositivos CIDR. Sin embargo, más investigación está en camino para desarrollar métodos exitosos de I.A. a tiempo fijo en estos animales (Fricke *et al.*, 2003).

Una segunda meta es lograr al parto, vacas entre 22 y 24 meses de edad, con pesos de 500 kg y una altura a la cruz de 1,38 m. (Perkins, 1995). Para ello se necesita un muy buen manejo, lo cual no sucede debido a que el productor tiene la errónea idea de que la crianza de recria es un gasto.

Olivera (2001) afirma que una de las mejores inversiones es la crianza de la recria, pues serán el futuro reemplazo de las vacas viejas que se descartarán por diversos motivos. Además, no criar bien a la recria significa desperdiciar el avance genético, puesto que las vaquillas no estarán en condiciones de demostrar su potencial genético. El mismo autor añade, que el hecho de mantener más tiempo de lo necesario a las vaquillonas antes de parir significa una carga económica inútil para el establo.

Existen dos razones importantes para hacer que las vaquillas tengan su parto más joven: La primera, es lograr un mayor progreso genético, ya que en un establo las crías recién nacidas tienen en promedio la mayor capacidad genética para la producción de leche, de todos los animales presentes; y la segunda razón es que, conforme disminuye la edad promedio al primer parto, el número de vaquillas que se debe mantener en la explotación disminuye drásticamente (Perkins, 1995).

## **2.2. Evaluación productiva y reproductiva de vacas lecheras**

Olivera (2001) enfatiza que no basta con “ver” a las vacas, se necesita “mirarlas”. Es decir, no solo ver a las vacas en sus corrales, sino también mirarlas a través de un análisis correcto de sus índices productivos y reproductivos, que se obtienen mediante los registros (veraces y completos) que se llevan en el establo. Por tanto, a continuación, se describirán los parámetros productivos y reproductivos más importantes a “mirar”.

### **2.2.1. Eficiencia productiva**

#### **a) Producción de leche**

Los registros de producción lechera constituyen una herramienta muy valiosa para evaluar varios aspectos del establo, como cambios nutricionales, manejo, lotes de producción, crianza de reemplazos, etc (Olivera, 2001).

Además, como cita el mismo autor, es sabido que las vacas aumentan su producción conforme avanzan en sus partos. Así se tiene, que vacas de segundo parto producen más que las de primer parto, vacas de tercer parto producen más que las de segundo parto, y las adultas más que las de tercer parto; sin embargo, estos incrementos son muy variables de un establo a otro, de una cuenca lechera a otra, de un nivel productivo a otro y de una calidad genética a otra.

Existen muchos reportes sobre producción lechera en la raza Holstein (estandarizado a 305 días, durante la primera lactación), en diferentes países. Por ejemplo: 7,246 kg en Italia (Pirlo *et al.*, 2000); 7,689 kg en Canadá (Muir *et al.*, 2004); 7,082 kg en Irán (Rokouei *et al.*, 2010); 12,091 kg en Israel (ICBA, 2012); 7,518 kg en Holanda (Mohd Nor *et al.*, 2013); 5,288 kg en Costa Rica (Salazar *et al.*, 2014) y 8,686 kg en Pennsylvania (Heinrichs & Jones, 2017).

## **b) Curva de lactación**

El estudio de la curva de lactación proporciona información resumida acerca de la producción del ganado lechero, que es útil en la toma de decisiones de manejo en el establo (Silvestre *et al.*, 2006). Asimismo, es conocido que la curva de producción típica cae paulatinamente después de alcanzar el pico de producción; siendo para las vacas primíparas de 5.6 por ciento y para vacas adultas de 9.8 por ciento (Olivera, 2001).

Algunas de las fuentes conocidas de la variación en la curva de lactación se atribuyen a factores como los cambios en las condiciones del tiempo, el manejo de los establos, la fisiología de las vacas lecheras, las poblaciones de animales, etc (Van Bebber *et al.*, 1997), por ello, es importante que las distintas fuentes de variación en la curva de lactación sean evaluados en todos los establos.

Entre los modelos matemáticos (lineales y no lineales) utilizados para la estimación de curvas de lactación, destaca el propuesto por Wood (1967), el cual permite la estimación de diferentes coeficientes, cada uno de ellos fuertemente influenciados por factores genéticos y ambientales (Wood, 1972).

Al respecto, Huamán (2015) comparó diferentes métodos para modelar y analizar curvas de lactación de vacas cruzadas F1 (Gir x Holstein) en la región San Martín – Perú, concluyendo que el método de regresión no lineal de Wood fue el de mayor confianza para explicar el modelamiento y las características de la curva de lactación en ganado cruzado. Asimismo, Vásquez (2017), comparó modelos fijos no lineales versus modelos mixtos no lineales para determinar la curva de lactación con mejor ajuste en un establo lechero de la cuenca de Lima, concluyendo que el modelo mixto no lineal de Wood era el de mejor ajuste para la primera lactación, y el modelo mixto no lineal de Wilmink, para las demás lactaciones.

### **c) Días en lactación**

Olivera (2001) indica que los días en lactación (DEL) de un establo están determinados por el intervalo entre partos (IEP) y para la cuenca de Lima, 13.5 meses de IEP es ideal. Esto resulta en 175 DEL para el establo. El cálculo de los DEL se hace multiplicando el IEP en meses por 30.4 (días/mes), luego se le resta 60 (días en seca) y al final se le divide entre dos (lactación promedio).

El mismo autor considera que de 174 a 178 días de DEL promedio es una meta razonable que refleja un buen manejo reproductivo.

### **d) Porcentaje de descarte**

El periodo de vida productiva corresponde a la etapa comprendida entre el primer parto y la eliminación del animal del establo. Asimismo, Vollema (1996), considera que la longevidad refleja la habilidad de una vaca para no ser eliminada por baja producción, baja fertilidad o enfermedad.

El registro de la saca de vacas debe ser bien detallado, y de esta manera se podrá corregir las deficiencias. El descarte de vacas de primer parto no debe ser mayor de un 12 por ciento del total de descartes, y si, por el contrario, este porcentaje es mayor, significa que no se está realizando un buen manejo de la cría. Aunado a ello, se tendría una elevada cantidad de vacas que se van sin producir y sin amortizar la inversión de su crianza. Por otra parte, si los DEL de las vacas descartadas son cortos, significa que se están yendo muy pronto y tocaría revisar el manejo del período de transición (Olivera, 2001).

En la cuenca de Lima, los problemas reproductivos constituyen el 52.8 por ciento de las principales causas de descarte de vacas lecheras (Orrego *et al.*, 2003); y en valle de Huaura, específicamente, el 37 por ciento de los descartes en vacas se dan por problemas reproductivos (Trujillo, 2010); por lo tanto, la razón principal por la cual las vacas lecheras se descartan de un establo, es el bajo rendimiento reproductivo.

### **2.2.2. Eficiencia reproductiva**

#### **a) Intervalo parto – concepción (IPC)**

Olivera (2010), lo considera también como días a la preñez y son los días transcurridos desde el parto hasta la siguiente preñez. Por otra parte, una meta razonable para establos lecheros bien manejados es de 90 a 110 días a la preñez; que se traducen en 12.2 y 12.8 meses de IEP, respectivamente (Grusenmeyer y Hillers, 1989). Sin embargo, en la actualidad, este parámetro se está reemplazando por la “mediana de días abiertos”, que indica cuantos días postparto está tomando preñar el 50 por ciento del establo (Cavazos, 2005).

#### **b) Intervalo entre partos (IEP)**

El IEP es el tiempo transcurrido entre un parto y el siguiente, y generalmente se expresa en meses, pero este parámetro tiene el inconveniente de ser una medición histórica, es decir, la vaca tiene que parir para recién conocer su IEP (Olivera, 2010). Asimismo, el autor manifiesta que el avance genético reflejado en mayores persistencias de la curva de lactación y el uso de la somatotropina bovina que permite alargar las campañas de las vacas en forma rentable, ha alargado este intervalo.

Desde el punto de vista económico, el IEP óptimo, debe ser de 13 meses entre el primer y segundo parto y de 12 meses entre los partos restantes (Schmidt, 1975). Pero para lograr que un establo lechero tenga un IEP de 12 meses, por lo menos el 90 por ciento de las vacas deben estar ciclando a los 60 días pos-parto y concebir en el transcurso de los 85 días (Hafez, 2000).

**c) Tasa de concepción (TC)**

La TC es el porcentaje de vacas que preñaron, con respecto al total de vacas inseminadas (Olivera, 2010). Tiene relación inversa con los servicios por concepción (SPC), y su cálculo es el siguiente:

$$TC = (1/SPC) \times 100.$$

Actualmente, una medida clave para evaluar el desempeño reproductivo de los establos lecheros es la “tasa de preñez”, en el cual interviene uno de los factores más limitantes en el éxito de la reproducción, la detección de celos.

**d) Tasa de detección de celos**

La tasa de detección de celos (TDC) es expresada como el porcentaje de posibles celos que fueron observados a lo largo de un periodo determinado de tiempo (Ingram, 2009). La TDC de celos varía desde 30 hasta 75 por ciento, siendo una meta razonable detectar entre 65 a 70 por ciento de los celos en las vacas elegibles (Olivera, 2010).

Muchos productores se ocupan de mejorar la TC; sin embargo, es importante considerar que la variación en el IPC es debida tres veces más a diferencias en la TDC que a diferencias en la TC (Fricke, 2002).

**e) Tasa de preñez (TP)**

La tasa a la cual las vacas quedan preñadas en un establo lechero, denominada tasa de preñez (TP), es definida como el número de vacas elegibles para servicio que conciben cada 21 días (Fricke, 2002).

La TP es la medida clave de la reproducción que mide más eficientemente cómo están preñando las vacas cada 21 días (Olivera, 2010), y su cálculo es como sigue:

$$TP = TDC \times TC.$$

En los EE.UU., se reporta una TP promedio de aproximadamente 14-16 por ciento, recomendando como objetivo para los establos, una TP entre 25 y 30 por ciento (Overton, 2005). El mismo autor resalta, además, que el aumento de un punto porcentual en este parámetro significa alrededor de 10 a 20 dólares/vaca/año. Por tanto, el gran reto hoy en día es lograr preñar por lo menos una de cada cinco vacas elegibles para servicio, en cada período de 21 días que transcurren en el calendario (20 por ciento de TP); siendo este parámetro el más aceptado como sinónimo de eficiencia reproductiva.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

De acuerdo a los objetivos planteados, el estudio fue descriptivo; según el periodo en que se captó la información, retrospectivo; por la evolución del fenómeno estudiado, transversal; y por el grado de intervención del investigador, observacional.

#### **3.2. Población de estudio**

##### **3.2.1. Características generales de la población**

Como criterio de inclusión se consideró solo registros de vacas, entre 20 y 36 meses al primer parto, que llegaron a su tercer parto; y como criterios de exclusión, vacas con lactancias iniciadas por aborto y/o lacto-inducción, con lactancias terminadas debido a lesiones o enfermedades y con menos de 3,000 o más de 14,000 kg de leche durante toda su lactancia.

##### **3.2.2. Ubicación de la población en el espacio y tiempo**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en nueve establos lecheros ubicados en la región Lima, la cual se estima cuenta con una población aproximada de 38,582 vacas de la raza Holstein (INEI, 2012).

Dichos establos presentan características similares: Sistema de crianza intensiva, alimentación basada en forraje cortado y concentrado, detección visual de celos y empleo de I.A. con semen congelado.

### 3.3. Muestra necesaria

La unidad de observación fue cada vaca designada para el estudio y la unidad de muestreo estuvo conformada por cada establo incluido; de la misma forma, el marco muestral fue el conjunto de establos lecheros seleccionados, pertenecientes a la cuenca de Lima. Respecto al tamaño muestral, se trabajó con todas las vacas existentes en cada uno de los establos seleccionados, que cumplían con los criterios de inclusión; por esta razón no fue necesario calcular el tamaño muestral. La cantidad de vacas por establo y su ubicación respectiva se muestran en el Anexo 01.

### 3.4. Identificación de variables

Se especifica en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Identificación de variables, tipos y unidad de medida.

<b>Variables</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Unidad de Medida</b>
<b>Variable explicatoria:</b>		
Edad al primer parto (EPP)	Cuantitativa discreta	Mes
<b>Variables respuesta:</b>		
Producción de leche estandarizada (PLE) <sup>1</sup>	Cuantitativa continua	Kg
Intervalo entre partos (IEP) <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Días

<sup>1</sup> La producción de leche se estandarizo a 305 días y dos ordeños.

<sup>2</sup> La IEP se transformó a Logaritmo para que cumpla en el supuesto de normalidad que exige el análisis de varianza.

### **3.5. Instrumentos de colecta de datos**

#### **3.5.1. Recolección de la información**

La información provino de 21,075 datos, correspondiente a 4,215 vacas, registrados por el Servicio de Productividad Lechera, conducido por el Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal de la Universidad Agraria La Molina, entre el 01 de enero de 2003 y el 31 de diciembre de 2012.

#### **3.5.2. Manejo de los datos**

Se realizó en las siguientes fases: a) Revisión, examinando en forma crítica cada uno de los medios usados, a fin de hacer las correcciones necesarias. Se realizó inmediatamente después de su recolección, para asegurar que todos hayan sido llenados adecuadamente, y durante su procesamiento para que no hayan errores ni contradicciones; b) Codificación, en la cual los datos respecto a establo, edad al primer parto y número de parto se transformaron en códigos numéricos, para facilitar la aplicación de un programa estadístico y c) Procesamiento, en el cual se realizó su recuento, con el paquete SAS Versión 9.4, y a continuación se introdujeron los datos de todas las variables en estudio, para el posterior análisis.

### **3.6. Procedimientos de análisis de datos**

#### **3.6.1. Análisis descriptivo**

Se realizó mediante medidas de posición central y de dispersión, para describir el comportamiento de la variable explicatoria (EPP) y las variables respuesta (PLE e IEP), a través de tabla y gráficas.

### 3.6.2. Análisis estadístico

Para evaluar la influencia de la EPP sobre la PLE e IEP, se utilizó el siguiente modelo lineal mixto:

$$Y_{ijklm} = \mu + EPP_i + Parto_j + Establo_k + Estación_l + Año_m + (Parto*Establo)_{jk} + (Parto*Año)_{jm} + (Establo*Año)_{km} + (Establo*Estación*Año)_{klm} + \epsilon_{ijklm}$$

Dónde:

$Y_{ijklm}$	= Variable respuesta (PLE o Log. IEP).
$\mu$	= Media general para las variables PLE o Log. IEP.
$EPP_i$	= Efecto de la <i>i</i> -ésima EPP (covariable).
$Parto_j$	= Efecto fijo del <i>j</i> -ésimo parto.
$Establo_k$	= Efecto aleatorio del <i>k</i> -ésimo establo.
$Estación_l$	= Efecto fijo de la <i>l</i> -ésima estación.
$Año_m$	= Efecto fijo del <i>m</i> -ésimo año.
$(Parto*Establo)_{jk}$	= Interacción entre el <i>j</i> -ésimo parto y <i>k</i> -ésimo establo.
$(Parto*Año)_{jm}$	= Interacción entre el <i>j</i> -ésimo parto y <i>m</i> -ésimo año.
$(Establo*Año)_{km}$	= Interacción entre el <i>k</i> -ésimo establo y <i>m</i> -ésimo año.
$(Establo*Estación*Año)_{klm}$	= Interacción entre el <i>k</i> -ésimo establo, <i>l</i> -ésima estación y el <i>m</i> -ésimo año.
$\epsilon_{ijklm}$	= Error residual.

Asimismo, para la comparación de medias de cuadrados mínimos para PLE e IEP, se utilizó PDIF del PROC GLIMMIX en el SAS 9.4, con un nivel de significancia de 0.01.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Parámetros evaluados

Los promedios, la desviación estándar, así como los valores mínimos y máximos de la edad al primer parto, producción de leche e intervalo entre partos, se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3. Edad al primer parto, producción de leche e intervalo entre parto, en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012 (n= 4,215)**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>C.V.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
Edad al primer parto (meses).	24.89	2.34	9.41	20	36
Producción de leche estandarizada (kg), 1 <sup>ra</sup> Lact.	8,275.72	1,471.10	17.78	3,325	13,451
Producción de leche estandarizada (kg), 2 <sup>da</sup> Lact.	9,068.53	1,746.98	19.26	3,326	13,871
Intervalo entre partos (días), 1 <sup>ra</sup> Lact.	437.22	93.69	21.43	280	760
Intervalo entre partos (días), 2 <sup>da</sup> Lact.	447.39	94.40	21.10	289	760

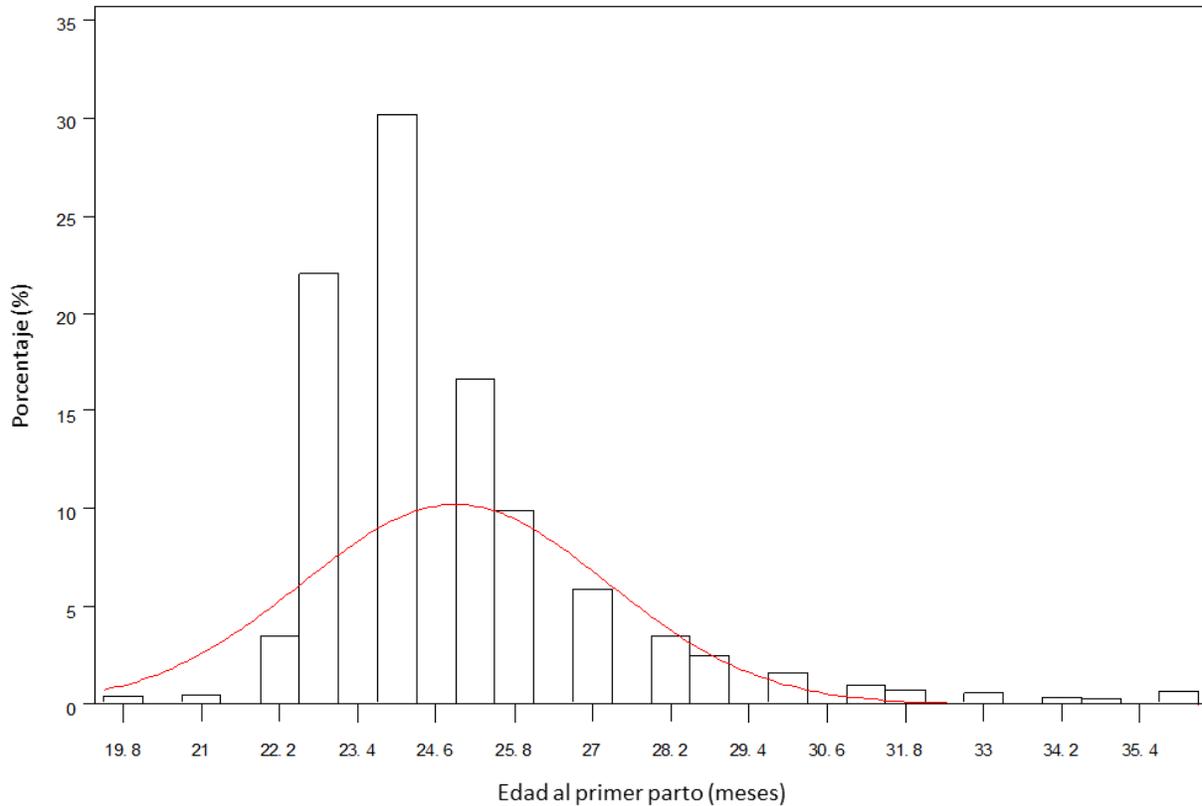
#### 4.1.1 Edad al primer parto

La edad promedio al primer parto (EPP) en los establos evaluados estuvo bastante cercana al valor recomendado (24 meses). Ello indicaría que los establos logran preñar a la mayoría de sus vaquillas alrededor de 14 a 15 meses. El presente resultado es similar a lo reportado por Sessarego *et al.* (2014) para vacas del norte chico, quienes encontraron una EPP de  $24.9 \pm 0.1$  meses; lo cual indicaría que el manejo de la recria en la cuenca de Lima es muy homogéneo y adecuado.

Asimismo, es similar al reportado por la Asociación Israelí de Criadores de Ganado (24 meses al primer parto; ICBA, 2012).

Por otro lado, la EPP en el presente estudio fue menor a lo obtenido por Pirlo *et al.* (2000), Evans *et al.* (2006), Scheneider *et al.* (2007), Wu *et al.* (2012), Mohd Nor *et al.* (2013) y Salazar *et al.* (2013), quienes reportaron EPP de 28.1, 25.8, 28.4, y 29.3, 25.4 y 30.7 meses, para establos lecheros en Italia, Irlanda, Suecia, China, Holanda y Costa Rica; respectivamente.

La Figura 1 muestra que la variación de la EPP va de 20 a 36 meses, con una mayor concentración alrededor de 24 meses, ratificando que en los establos evaluados la EPP estaría cerca de lo recomendado, comparado con el estudio realizado por McCluskey (2003), que reportó una EPP de 25.9 meses en 1991, con una ligera reducción a 25.4 meses en 2002, para establos de los EE.UU. Cabe resaltar que USDA registra datos productivos y reproductivos de aproximadamente el 85 por ciento de las vacas estadounidenses. La misma tendencia en cuanto a la reducción de la EPP se ha observado en otros países, como Holanda (NRS, 2005) y España (González-Recio *et al.*, 2004); debido principalmente a que los productores lecheros ya están considerando a la crianza de recria como una inversión y no mantienen más tiempo del necesario a sus vaquillonas antes de parir, y así no generar una carga económica inútil para el establo (Olivera, 2001).



**Figura 1. Histograma de frecuencias para la edad al primer parto (meses), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012**

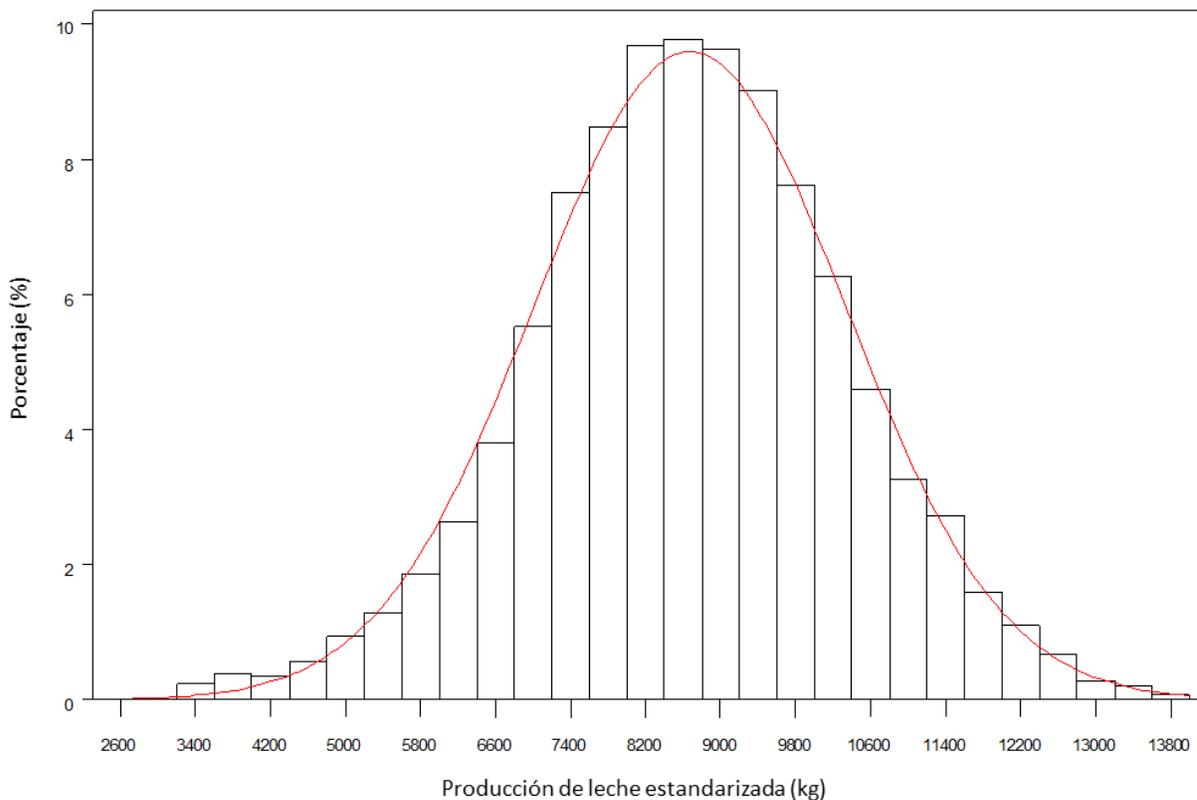
#### 4.1.2 Producción de leche estandarizada

La producción de leche estandarizada (PLE, en kg) en los establos evaluados para la primera y segunda lactación, fueron de  $8,275.72 \pm 1,471$  y  $9,068.53 \pm 1,747$  kg, respectivamente. La distribución de la PLE se muestra en la Figura 2.

En la presente investigación, la PLE en la primera lactación fue mayor a la hallada por Pirlo *et al.* (2000), Muir *et al.* (2004), Rokouei *et al.* (2010), Mohd Nor *et al.* (2013) y Salazar *et al.* (2014), quienes reportaron producciones de leche a 305 días de 7,246; 7,689; 7,082; 7,518 y 5,288 kg, para vacas primerizas de raza Holstein, en establos de Italia, Canadá, Irán, Holanda y Costa Rica; respectivamente.

Sin embargo, es menor a lo reportado en Pennsylvania, con 8,686 kg (Heinrichs & Jones, 2017), y mucho menor a la registrada por la Asociación Israelí de Criadores de Ganado para vacas de primer parto (12,091 kg; ICBA, 2012).

Si bien la raza Holstein Friesian tiene el potencial de producir grandes volúmenes de leche, en condiciones tropicales es bastante limitada su producción (Carvajal *et al.*, 2002). Por otra parte, estos animales se crían en diferentes zonas geográficas y climas, y consecuentemente bajo variados sistemas de producción (extensivo vs. intensivo), nutrición, frecuencia de ordeño, etc; mostrando en cada uno de ellos diferentes niveles de producción (Salazar *et al.*, 2014).



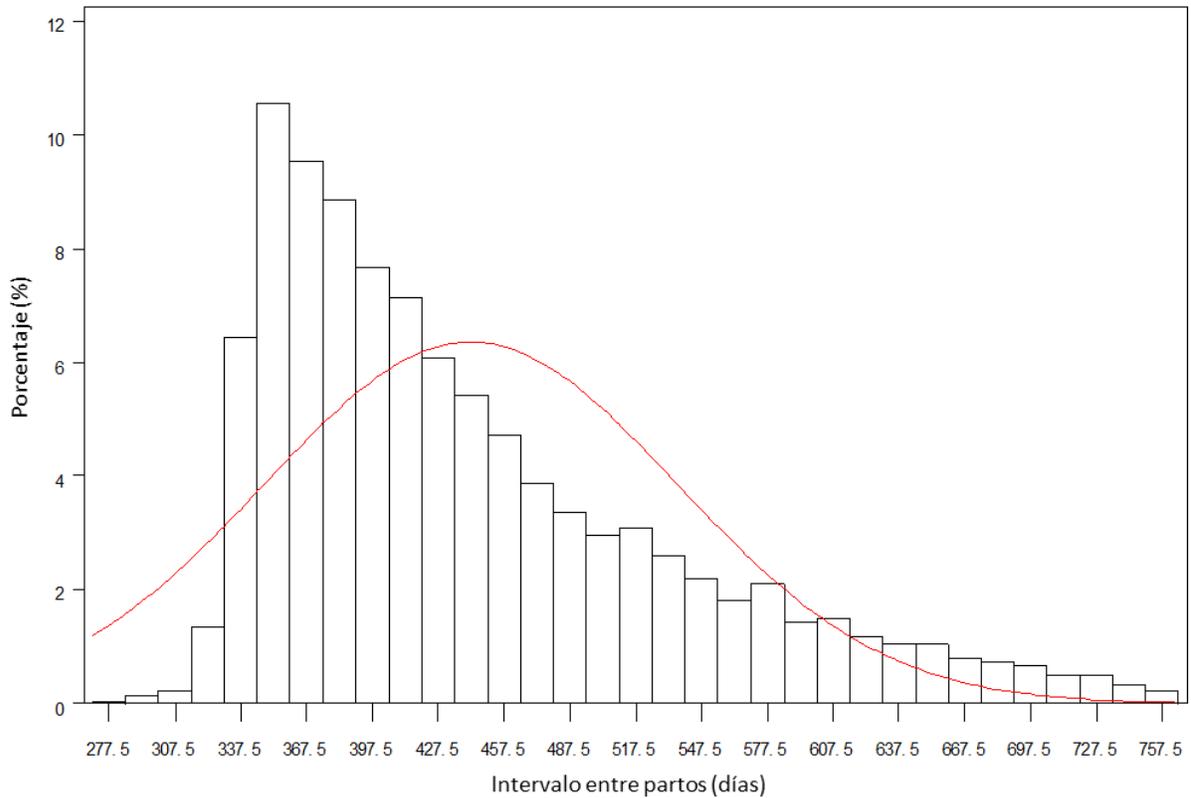
**Figura 2. Histograma de frecuencias para la producción de leche estandarizada (kg), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012**

### 4.1.3 Intervalo entre partos

Los intervalos entre partos (IEP) encontrados para la primera y segunda lactación fueron de  $437.22 \pm 93.69$  y  $447.39 \pm 94.40$  días, respectivamente. Al igual que las variables anteriores, el IEP es muy importante ya que influye en la vida productiva de la vaca lechera (Do *et al.*, 2013).

Sin embargo, y a pesar que, hay un costo adicional para el establo cuando las vacas no paren cada 365 días, en los EE.UU., el IEP ha aumentado a través de los años (Hare *et al.*, 2006). La misma tendencia se observó en Canadá (Murray, 2003), España (González-Recio *et al.*, 2004), Holanda (KNRS, 2005), y el Reino Unido (Wall *et al.*, 2003). El presente resultado fue similar al hallado por Sessarego *et al.* (2014), quienes reportaron un IEP de  $14.32 \pm 0.07$  meses (435 días aproximadamente), en la parte norte de la cuenca lechera de Lima.

Nieuwhof *et al.* (1989), también encontraron que los IEP aumentaron en la población lechera de EE.UU. desde primer al sexto parto: de 394 a 398 días para Ayrshire, 401 a 411 días para Brown Swiss, entre 400 y 407 días en Guernsey, 394 a 405 días para la raza Holstein, y 388 a 394 días para Jersey. Por otro lado, Pryce *et al.* (2004), resaltaron una relación desfavorable entre la producción de leche y el intervalo entre partos; ya que la selección de vacas lecheras alta productoras ha ido acompañado de una disminución en la fertilidad (Lucy, 2001). La distribución del IEP se muestra en la Figura 3.



**Figura 3. Histograma de frecuencias para el intervalo entre partos (días), en vacas Holstein de la Costa central del Perú, durante el periodo 2003 – 2012**

#### 4.2. Efectos sobre la producción de leche

La EPP influyó en la PLE ( $P=0.0008$ ). En la Tabla 4, se puede observar que vacas paridas entre 20 y 21 meses produjeron menos leche durante toda su campaña. Esta baja producción, puede estar relacionada con una alta tasa de crecimiento durante el periodo prepuberal, que ha demostrado reducir el ADN del parénquima en la glándula mamaria (Sejrsen *et al.*, 2000), pero el factor más probable sería el bajo peso corporal en vaquillas que paren por primera vez a edad temprana (Hietanen & Ojala, 1995).

En el presente estudio, no se pudo considerar el efecto de la tasa de crecimiento prepuberal, ya que no se contó con información disponible. Los resultados son consistentes con estudios previos realizados en otros países (Gardner *et al.*, 1977; Little & Kay, 1979; Hoffman *et al.*, 1996; Pirlo *et al.*, 2000; Ettema & Santos, 2004), quienes reportan que partos a edades muy tempranas reducen la producción de leche durante la primera lactación.

**Tabla 4. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  error estándar e intervalo de confianza) para la producción de leche estandarizada, de acuerdo a la edad al primer parto**

Edad al Primer Parto (meses)	n	Producción de Leche Estandarizada (kg)			
		MCM <sup>1</sup>	EE <sup>1</sup>	IC <sup>1</sup>	
20	17	7,528.70 <sup>b</sup>	254.30	7,030.22	8,027.18
21	22	8,122.22 <sup>ab</sup>	223.82	7,683.47	8,560.97
22	147	8,682.06 <sup>a</sup>	91.62	8,502.46	8,861.66
23	929	8,526.09 <sup>a</sup>	46.35	8,435.24	8,616.94
24	1,271	8,636.61 <sup>a</sup>	41.04	8,556.16	8,717.06
25	701	8,653.38 <sup>a</sup>	47.75	8,559.79	8,746.97
26	415	8,529.52 <sup>a</sup>	56.03	8,419.69	8,639.35
27	247	8,604.38 <sup>a</sup>	69.57	8,468.01	8,740.75
28	147	8,653.25 <sup>a</sup>	88.68	8,479.41	8,827.09
29	105	8,591.46 <sup>a</sup>	103.10	8,389.35	8,793.57
30	67	8,611.09 <sup>a</sup>	129.96	8,356.35	8,865.84
31	41	8,222.37 <sup>ab</sup>	164.75	7,899.43	8,545.32
32	30	8,396.51 <sup>a</sup>	192.80	8,018.57	8,774.46
33	24	8,395.80 <sup>a</sup>	213.31	7,977.66	8,813.95
34	13	8,910.13 <sup>a</sup>	290.46	8,340.75	9,479.50
35	12	8,581.01 <sup>a</sup>	300.66	7,991.65	9,170.38
36	27	8,501.31 <sup>a</sup>	203.81	8,101.80	8,900.83

<sup>1</sup> MCM = media de cuadrado mínimo; EE = error estándar; IC = intervalo de confianza.

<sup>a,b</sup> Medias de cuadrados mínimos con letras diferentes dentro de columnas indican diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

Por otro lado, vacas que parieron entre 22 y 36 meses de edad, produjeron similares cantidades de leche (Tabla 4). Resultado que es corroborado por otro estudio, en el cual no se observaron diferencias significativas en producción de leche durante la primera y segunda lactación, para vaquillonas que parieron a diferentes EPP (Cooke *et al.*, 2013).

Tozer & Heinrichs (2001), a través de un estudio económico, mostraron que la reducción de la EPP, de 25 a 24 o a 21 meses, tiene una influencia muy significativa en la reducción – entre 4 y 18 por ciento - del costo total de crianza de vaquillas de reemplazo. Por el contrario, el aumento de la EPP a 29 meses, incrementa los costos en un 14 por ciento, obligando criar más vaquillas de reemplazo o en su defecto comprar animales, con el fin de por lo menos mantener el tamaño del establo. Además, una reducción en la EPP también puede mejorar la rentabilidad de los establos lecheros, mediante el aumento de la vida productiva y por ende la producción total (Lin *et al.*, 1988).

Todo lo anterior, resalta la importancia de contar con una estrategia eficiente de manejo en cada establo lechero, para reducir la EPP y, con ello, los costos de crianza de reemplazos. Reducción que nos permitiría aumentar la cantidad de vaquillas excedentes para venta, con la consecuente mejora en rentabilidad de la empresa (Tozer & Heinrichs, 2001).

Por otro lado, se encontraron diferencias altamente significativas entre partos ( $P<0.0001$ ), entre estaciones ( $P=0.0010$ ) y entre años ( $P<0.0001$ ), como se detalla en el Anexo 2.

## 4.2. Efectos sobre el intervalo entre partos

La EPP no influyó en el IEP ( $P=0.3969$ ), como se observa en la Tabla 5. Resultado contrario a lo hallado por Evans *et al.* (2006), quienes observaron que vaquillonas de raza Holstein que parían a los 25 – 26 meses tenían una tendencia a disminuir los IEP posteriores en comparación con grupos que tenían mayor edad al primer parto. De igual manera, Ettema y Santos (2004), refieren que las tasas de concepción eran más bajas en la primera lactancia, tanto en las vaquillonas que parían temprano ( $< 700$  días, 23,3 meses) como en las que parían tarde ( $> 751$  días, 25 meses) en comparación con las que parían entre los 700 y 750 días. Asimismo, Cooke *et al.* (2013) observaron que la fertilidad en la primera lactación era mejor en vaquillas que parían entre 23 y 25 meses y peor en las que parían después.

Sin embargo, los mismos autores no encontraron diferencias significativas de fertilidad entre las vacas de segunda lactación con diferentes EPP (falta de significancia debida a que pocos animales con EPP mayor a 30 meses parieron por segunda vez). Por el contrario, otros estudios no hallaron un efecto de la EPP sobre cualquier parámetro reproductivo en vacas lecheras durante la primera lactación (Pedron *et al.*, 1989; Simerl *et al.*, 1992).

Estudios sobre la curva de crecimiento en vacas Holstein hasta el final de la tercera lactación muestran que los animales continúan creciendo durante este periodo, aunque la tasa disminuye luego de alcanzar los 450 días de edad (Coffey *et al.*, 2006). Por tanto, vacas que paren muy jóvenes continúan creciendo en mayor medida después del parto, demandando un alto consumo de nutrientes para éste, a expensas de la fertilidad. Por otro lado, vaquillonas que paren con una mayor EPP tienen mejor condición corporal, conllevando esto a una mayor movilización de tejidos, con consecuencias perjudiciales sobre la fertilidad (Wathes *et al.*, 2008).

**Tabla 5. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  error estándar e intervalo de confianza) para el intervalo entre partos, de acuerdo a la edad al primer parto <sup>1</sup>**

Edad al Primer Parto (meses)	n	Intervalo entre Partos (Días)			
		MCM <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	IC <sup>2</sup>	
20	17	449.01 <sup>a</sup>	15.92	417.80	480.23
21	22	451.90 <sup>a</sup>	14.02	424.42	479.37
22	147	444.69 <sup>a</sup>	5.74	433.44	455.93
23	929	448.07 <sup>a</sup>	2.90	442.38	453.76
24	1,271	444.30 <sup>a</sup>	2.57	439.26	449.34
25	701	448.22 <sup>a</sup>	2.99	442.36	454.08
26	415	446.19 <sup>a</sup>	3.51	439.32	453.07
27	247	449.86 <sup>a</sup>	4.36	441.32	458.40
28	147	455.88 <sup>a</sup>	5.55	444.99	466.76
29	105	450.20 <sup>a</sup>	6.46	437.55	462.86
30	67	454.30 <sup>a</sup>	8.14	438.35	470.25
31	41	449.95 <sup>a</sup>	10.32	429.73	470.18
32	30	447.78 <sup>a</sup>	12.07	424.11	471.45
33	24	477.13 <sup>a</sup>	13.36	450.95	503.31
34	13	438.51 <sup>a</sup>	18.19	402.86	474.16
35	12	418.18 <sup>a</sup>	18.83	381.27	455.08
36	27	441.96 <sup>a</sup>	12.76	416.94	466.97

<sup>1</sup> Para el análisis estadístico se transformaron los datos a su logaritmo, pero para su presentación en la tabla, se utilizaron los datos reales.

<sup>2</sup> MCM = media de cuadrado mínimo; EE = error estándar; IC = intervalo de confianza.

<sup>a</sup> Medias de cuadrados mínimos con letras iguales dentro de columnas no indican diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

En términos generales, la información actual sobre la influencia de la EPP en el subsecuente rendimiento productivo y reproductivo de vacas lecheras no es siempre consistente, pudiendo ser debidas, en parte, a factores genéticos y de manejo de las poblaciones analizadas, en los diferentes estudios y países (Cooke *et al.*, 2013). Sin embargo, la reducción en la EPP tiene un efecto directo positivo sobre el progreso genético, ya que disminuye el intervalo entre generaciones (Pirlo *et al.*, 2000).

Finalmente, se encontraron diferencias altamente significativas entre la primera y segunda lactación ( $P=0.0004$ ), entre las cuatro estaciones del año ( $P<0.0001$ ) y entre los 10 años evaluados ( $P<0.0001$ ), como se detalla en el Anexo 3.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- 5.1.** La edad al primer parto influyó en la producción de leche estandarizada ( $P=0.0008$ ); observándose mejores producciones a edades intermedias, entre los 22 y 30 meses, del ganado raza Holstein en la costa central del Perú, durante el periodo 2003-2012.
  
- 5.2.** La edad al primer parto no influyó en el intervalo entre partos ( $P=0.3969$ ), del ganado raza Holstein en la costa central del Perú, durante el periodo 2003-2012.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se proponen las siguientes recomendaciones:

- 6.1.** Realizar estudios similares, que permitan evaluar la influencia, no solo de la EPP, sino también del peso y talla al primer parto sobre la performance en vacas lecheras durante toda su vida productiva, y determinar además su impacto económico, en las diferentes cuencas lecheras del país.
  
- 6.2.** Proponer un programa estratégico, en cuanto a manejo y alimentación, para la recria de reemplazo (adaptado a cada establo), de tal forma que permita que las vaquillonas logren parir alrededor de los 22 meses de edad, para así maximizar su performance productiva y reducir los costos de crianza de la recria de reemplazo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeyda, J. 2005. Alimentación y manejo de vacunos lecheros. UNALM. Lima, Perú. 52 p.

Araujo, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. CEAD Valledupar, Colombia. Consultado el 14 de Febrero del 2014. Disponible en:

[http://www.vet-uy.com/articulos/artic\\_bov/100/0053/bov053.htm](http://www.vet-uy.com/articulos/artic_bov/100/0053/bov053.htm)

Bailey, T; Currin, J. 2009. Heifer inventory and the economics of replacement rearing. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University. Virginia, USA. 4p.

Bailey, T; Murphy, J; James, R. 2009. Dairy heifer health, disease control, and vaccinations. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University. Virginia, USA. 3p.

Bormann, J; Druet, T; Gengler, N; Wiggans, G. 2002. Estimating effects of permanent environment, lactation stage, age and pregnancy on test-day yield. Journal of Dairy Science, 85: 263-284.

Bouska, J; Stipkova, M; Krejcova, M; Barton, L. 2007. The effect of growth and development intensity in replacement heifers on economically important traits of Holstein cattle in Czech Republic. Czech Journal of Animal Science, 9: 277-283.

Carvajal, M; Valencia, E; Segura, J. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán México. *Revista Biomédica*, 13: 25-31.

Cavazos, F. 2005. Interpretación de registros de fertilidad en ganado lechero y toma de decisiones. *Memorias del III Simposio Nacional de Infertilidad en la Vaca Lechera, FMVZ, Universidad Nacional Autónoma de México*. 13, 14 Oct. p: 20-34.

Clark, R; Touchberry, R. 1962. Effect of body weight and age at calving on milk production in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 45: 1500-1510.

Coffey, M; Hickey, J; Brotherstone, S. 2006. Genetic aspects of growth of Holstein-Friesian dairy cows from birth to maturity. *Journal of Dairy Science*, 89: 322- 329.

Cooke, J; Cheng, Z; Bourne, N, Wathes, D. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open Journal of Animal Sciences*, 3(1): 1-12.

Do, C; Wasana, N; Cho, K; Choi, Y; Choi, T; Park, B; Lee, D. 2013. The effect of age at first calving and calving interval on productive life and lifetime profit in Korean Holsteins. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 26(11): 1511-1517.

Evans, R; Wallace, M; Garrick, D; Dillon, P; Berry, D; Olori, V. 2006. Effects of calving age, breed fraction and month of calving on calving interval and survival across parities in Irish spring-calving dairy cows. *Livestock Science*, 100: 216-230.

Ettema, J; Santos, J. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of Dairy Science*, 87: 2730-2742.

Fricke, P. 2002. La ecuación de la reproducción en los rodeos lecheros. 19ª Conferencia Técnica sobre Inseminación Artificial y Reproducción de la NAAB, Milwaukee, 23 y 24 de agosto. Wisconsin, EE.UU. 5 p.

Fricke, P. 2004. Estrategias para optimizar el manejo reproductivo en vaquillas lecheras. Departamento de Ciencias Lácteas, Universidad de Wisconsin. Wisconsin, EE.UU. 13 p.

Fricke, P; Lopez, H; Rivera, H. 2003. Nuevas Herramientas para el Manejo Reproductivo de las Vaquillas Lecheras. Novedades Lácteas. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin. Wisconsin, EE.UU. 6 p.

Gardner, R; Schuh, J; Vargus, L. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 60: 1941-1948.

González-Recio, O; Pérez-Cabal, MA; Alenda, R. 2004. Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87: 3053-3061.

Grusenmeyer, D; Hillers, J. 1989. Evaluating the dairy herd's reproductive status. *National Cooperative Dairy Herd Improvement Program Handbook*. USA. 15 p.

Hafez, B; Hafez, E. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima edición. Editorial Interamericana, México DF, México. 519 p.

Haworth, G; Tranter, W; Chuck, J; Cheng, Z; Wathes, V. 2008. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows. *Veterinary Record*, 162: 643-647.

Hare, E; Norman, H; Wright, J. 2006. Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *Journal of Dairy Science*, 89: 365-370.

Heinrichs, A. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *Journal of Dairy Science*, 76: 3179-3187.

Heinrichs, A. 2001. Análisis económico para programas eficientes de reemplazo de vaquillas. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. As published in the proceedings of D.I.G.A.L. México, p: 112-119.

Heinrichs, A; Suárez, J; Jones, C. 2011. Feed efficiency in dairy heifers. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. Pennsylvania, EE.UU. 4p.

Heinrichs, A; Swartz, L. 1990. Management of dairy heifers. Extension Circular 385. Pennsylvania State University Extension Service. Pennsylvania, EE.UU. 35 p.

Heinrichs, A; Jones, C. 2017. Trends in age at calving of heifers in Pennsylvania. PennState Extension. Pennsylvania, EE.UU. 3 p.

Hietanen, H; Ojala, M. 1995. Factors affecting body weight and its association with milk production traits in Finnish Ayrshire and Friesian cows. *Acta Agriculturae. Scandinavica. Sect. A, Animal Science*, 45:17–25.

Hoffman, P; Brehm, N; Price, S; Prill-Adams, A. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 79: 2024-2031.

Huamán, P. 2015. Modelación de la curva de lactación de vacas Gir y cruces Gir x Holstein (F-1) en el trópico peruano. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 50 p.

Hutjens, M. 2003. Guía de alimentación. Segunda Edición. *Hoard's Dairyman* en español. México. 84 p.

Ingram, E. 2009. Presentación y detección de celos. *Reproduction and Management Training Specialist, Select Sires. Dairy Cattle Reproduction Conference Minnesota, EE.UU.* p: 117-124.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2012. IV Censo nacional agropecuario. Datos definitivos, Perú. Consultado el 22 de Febrero del 2014. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/>

Israel Cattle Breeders Association (ICBA). 2012. *The dairy industry in Israel.* Israel. 54p.

Kellogg, W. 2009. *Body condition scoring with dairy cattle.* Agriculture and Natural Resources, University of Arkansas, Arkansas, EE.UU. 6 p.

Koninklijk Nederlands Rundvee Syndicaat (KNRS). 2005. *Annual Statistics 2004.* Coöperatie Rundveeverbetering Delta, Arnhem, The Netherlands.

Lin, C; McAllister, A; Batra, T; Lee, A; Roy, G; Vesely, J; Wauthy, J; Winter, K. 1988. Effects of early and late breeding of heifers on multiple lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 71: 2735-2743.

Little, W; Kay, R. 1979. The effects of rapid rearing and early calving on the subsequent performance of dairy heifers. *Animal Production*, 29: 131.

Looper, M; Bethard, G. 2000. *Management considerations in Holstein heifer development.* Guide B-118. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. New Mexico, USA. 8 p.

Lucy, M. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84: 1277–1293.

McCluskey, B. 2003. Dairy 2002. Part II: Changes in the United States dairy industry, 1991–2002. United States Department of Agriculture. USA. 56 p.

Meyer, M; Everett, R; Van Amburgh, M. 2004. Reduced age at first calving: effects on lifetime production, longevity and profitability. Arizona Dairy, EE.UU. Consultado el 02 de Febrero del 2014. Disponible en: <http://cals.arizona.edu>

Moore, R; Kennedy, B; Schaeffer, L; Moxley, J. 1991. Relationships between age and body weight at calving and production in first lactation Ayrshires and Holsteins. Journal of Dairy Science, 74: 269–278.

Mohd Nor, N; Steeneveld, W; van Werven, T; Mourits, M; Hogeveen, H. 2013. First-calving age and first lactation milk production on Dutch dairy farms. Journal of Dairy Science, 96: 981-992.

Murray, B. 2003. Balancing act – Research shows we are sacrificing fertility for production traits. Publ. 81-093. Ontario Ministry Agric. Food, Toronto, Canada.

Muir, B; Fatehi, J; Schaeffer, L. 2004. Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. Journal of Dairy Science, 87: 3029-3037.

Nieuwhof, G; Powell, R; Norman, H. 1989. Ages at calving and calving interval for dairy cattle in the United States. Journal of Dairy Science, 72:685–692.

Olguin y Bernal, F. 2000. Prácticas de manejo del nonato bovino. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Buiatria. Junio. 15 al 17 de junio. Guadalajara, México. p: 81-93.

Olivera, S. 2001. Índices de producción y su repercusión económica para un establo lechero. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 12(2): 49-54.

Olivera, S. 2010. Midiendo y monitoreando la reproducción en vacas lecheras: La tasa de preñez. Rev. Mundo ganadero, Junio. Lima, Perú. p: 38-42.

Orrego, J; Delgado, A; Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas Holstein en la cuenca de Lima. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 14(1): 68-73.

Overton, M. 2005. Incentives for increasing pregnancy rate. University of California. 4<sup>o</sup> edition. California, USA. (3): 35-42.

Pedron, O; Tedesco, D; Giuliani, G; Rizzi, R. 1989. Factors affecting calving interval in Italian Holstein-Friesian heifers. Journal of Dairy Science, 72: 1286–1290.

Perkins, BL. 1995. Cómo hacer que las vaquillas paran jóvenes. Hoard's Dairyman en Español. Enero. México. 58 p.

Pietersma, D; Lacroix, R; Lefebvre, D; Cue, R; Wade, K. 2006. Trends in growth and age first calving for Holstein and Ayrshire heifers in Quebec. Can. Journal of Animal Science, 86: 325-336.

Pirlo, G; Miglior, F; Speroni, M. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs on Italian Holsteins. Journal of Dairy Science, 83: 603-608.

Pryce, I; Royal, M; Garnsworthy, P; Mao, I. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. Livestock Production Science, 86: 125-135.

Pursley, J; Wiltbank, M; Stevenson, J; Ottobre, J; Garverick, H; Anderson, L. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. Journal of Dairy Science, 80: 295-300.

Rokouei, M; Torshimi, R; Shahrababak, M; Sargolzaei, M; Sorencen, A. 2010. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. *Journal of Dairy Science*, 93: 3294-3302.

Salazar, M; Castillo, G; Murillo, J; Hueckman, F; Romero, J. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2): 233-243.

Salazar, M; Castillo, G; Murillo, J; Hueckman, F; Romero, J. 2014. Effect of age at first calving on first lactation milk yield in holstein cows from Costa Rican specialized dairy herds. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 4: 197-203.

Sánchez, G; Benito, A; Rivera, H. 2003. Seroprevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en ganado lechero del Valle de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 14(1): 54-60.

Schingoethe, D; Garcia, A. 2004. Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras. College of Agriculture & Biological Sciences. South Dakota State University. South Dakota, USA. 6 p.

Schmidt, GH. 1975. Bases científicas de la producción lechera. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 583 p.

Schneider, M; Strandberg, E; Emanuelson, U; Grandinson, K; Roth, A. 2007. The effect of veterinary-treated clinical mastitis and pregnancy status on culling in Swedish dairy cows. *Preventative Veterinary Medicine*, 80: 179-192.

Sejrsen, K; Purup, S; Vestergaard, M; Foldager, J. 2000. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: Physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*, 19: 93-104.

Sessarego, E; Vásquez, A; Tello, A. 2014. Evaluación del rendimiento reproductivo del ganado bovino lechero en el valle de Huaura. *Spermova*, 4(1): 46-49.

Silva, P; Chávez, A; Rivera, H; Casas, E. 2002. Seroprevalencia de *Neospora Caninum* en bovinos lecheros del valle de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 13: 51-55.

Silvestre, A; Petim-Batista, F; Colaço, J. 2006. The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. *Journal of Dairy Science*, 89: 1813-1821.

Simerl, N; Wilcox, C; Thatcher, W. 1992. Postpartum performance of dairy heifers freshening at young ages. *Journal of Dairy Science*, 75: 590–595.

Stevenson, J. 1995. Mida y entienda la eficiencia reproductiva. *Hoard's Dairyman en Español*. Abril, México. p: 23-29.

Thompson, J; Pollak, E; Pelissier, P. 1983. Interrelationships of parturition problems, production of subsequent lactation, reproduction, and age at first calving. *Journal of Dairy Science*, 66: 1119–1127.

Tozer, P; Heinrichs, A. 2001. What affects the costs of raising replacement dairy heifers: A multiple- component analysis. *Journal of Dairy Science*, 84: 1836- 1844.

Trujillo, S. 2010. Causas de descarte en vacas lecheras en los establos de la irrigación San Felipe – Huacho. Tesis Bachillerato. Fac. Ciencias Agrarias. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú. 93 p.

Van Bebber, J; Reinsch, N; Junge, W; Kalm, E. 1997. Accounting for herd, year and season effects in genetic evaluations of dairy cattle: A review. *Livestock Production Science*, 51: 191-203.

Vásquez, A. 2017. Curva de lactación en ganado bovino lechero con modelos no lineales en un establo del valle de Huaura. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 70 p.

Vollema, A; Groen, A. 1996. Genetic parameters of longevity traits of an upgrading population of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 79: 2261-2267.

Wall, E; Brotherstone, S; Woolliams, J; Banos, G; Coffey, M. 2003. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. *Journal of Dairy Science*, 86: 4093-4102.

Wathes, D; Brickell, J; Bourne, N; Swali, A; Cheng, Z. 2008. Factors influencing heifer survival and fertility on commercial dairy farms. *Animal*, 2(8): 1135-1143.

Wattiaux, MA. 1998. Crianza de terneros del destete al parto. Instituto Babcock. Universidad de Winsconsin. Winsconsin, USA. 4 p.

Wood, P. 1972. A note on seasonal fluctuations in milk production. *Animal Production*. 15: 89-92.

Wood, P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. October. 216: 164-165.

Wu, J; Brickell, J; Yang, L; Cheng, Z; Zhao, H; Wathes, D; Zhang, S. 2012. Reproductive performance and survival of Chinese Holstein dairy cows. *Animal Production Science*, 52: 11-19.

Zanton, G; Heinrichs, A. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein Heifers on first-lactation production. *Journal of Dairy Science*, 88: 3860-3867.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 01.** Desglose del número de vacas utilizadas, por establos y su ubicación.

N°	Establo (código)	Distrito – Provincia	N° de vacas incluidas
01	SJ	Vegueta – Huaura.	1,138
02	GR	Vegueta – Huaura.	193
03	PI	Santa María – Huaura.	751
04	MG	Puente Piedra – Lima.	823
05	ES	Puente Piedra – Lima.	320
06	LM	La Molina – Lima.	36
07	LP	Chaclacayo – Lima.	59
08	SI	Imperial – Cañete.	681
09	EL	San Vicente de Cañete – Cañete.	214
<b>Total</b>			<b>4,215</b>

**Anexo 02.** Análisis de varianza para la producción de leche (kg).

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calculado</b>	<b>Pr. &gt; F</b>
EPP	16	81287944	5080497	2.51	0.0008
Parto	1	65324451	65324451	32.24	<.0001
Establo	8	---	---	76.93	---
Estación	3	33160917	11053639	5.45	0.0010
Año	9	173821727	19313525	9.53	<.0001
Parto*Establo	8	157687297	19710912	9.73	<.0001
Parto*Año	8	73919251	9239906	4.56	<.0001
Establo*Año	69	763234165	11061365	5.46	<.0001
Establo*Estación*Año	232	647861254	2792505	1,38	0,0002

**Anexo 03.** Análisis de varianza para el intervalo entre partos (log).

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calculado</b>	<b>Pr. &gt; F</b>
EPP	16	0.61578851	0.03848678	1.05	0.3969
Parto	1	0.45601968	0.45601968	12.46	0.0004
Establo	8	---	---	9.28	---
Estación	3	0.85441012	0.28480337	7.78	<.0001
Año	9	1.46271887	0.16252432	4.44	<.0001
Parto*Establo	8	0.91380055	0.11422507	3.12	0.0016
Parto*Año	8	1.72226759	0.21528345	5.88	<.0001
Establo*Año	69	5.38232195	0.07800467	2.13	<.0001
Establo*Estación*Año	232	10.89186413	0.04694769	1,28	0,0027

**Anexo 04. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  error estándar e intervalo de confianza) para la producción de leche estandarizada, de acuerdo a número de parto, estación de parto y años evaluados**

Efectos fijos	Producción de Leche Estandarizada (kg)			
	MCM <sup>1</sup>	EE <sup>1</sup>	IC <sup>1</sup>	
<b>Número Parto:</b>				
01	8,104.06 <sup>b</sup>	50.09	8,005.87	8,202.25
02	8,854.28 <sup>a</sup>	49.74	8,756.78	8,951.79
<b>Estación:</b>				
Primavera	8,281.92 <sup>c</sup>	57.29	8,169.63	8,394.22
Verano	8,562.04 <sup>a</sup>	54.79	8,454.65	8,669.44
Otoño	8,635.20 <sup>a</sup>	53.32	8,530.69	8,739.71
Invierno	8,437.52 <sup>b</sup>	54.36	8,330.96	8,544.07
<b>Año:</b>				
2003	8,508.10 <sup>bcd</sup>	85.20	8,341.10	8,675.11
2004	8,298.74 <sup>d</sup>	69.17	8,163.14	8,434.33
2005	8,382.97 <sup>cd</sup>	64.20	8,257.12	8,508.83
2006	8,325.42 <sup>cd</sup>	61.98	8,203.92	8,446.93
2007	8,361.77 <sup>cd</sup>	61.43	8,241.34	8,482.19
2008	8,300.45 <sup>d</sup>	62.81	8,177.32	8,423.58
2009	8,484.77 <sup>c</sup>	63.56	8,360.19	8,609.36
2010	8,863.59 <sup>a</sup>	64.51	8,737.13	8,990.05
2011	8,701.99 <sup>ab</sup>	72.84	8,559.20	8,844.77
2012	8,563.91 <sup>bcd</sup>	103.00	8,362.01	8,765.81

<sup>1</sup> MCM = media de cuadrado mínimo; EE = error estándar; IC = intervalo de confianza.

<sup>a,b,c,d</sup> Medias de cuadrados mínimos con letras diferentes dentro de columnas indican diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ).

**Anexo 05. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  error estándar e intervalo de confianza) para el intervalo entre partos, de acuerdo a número de parto, estación de parto y años evaluados <sup>1</sup>**

Efectos fijos	Intervalo entre Partos (Días)			
	MCM <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	IC <sup>2</sup>	
<b>Número Parto:</b>				
01	439.44 <sup>b</sup>	3.14	433.29	445.59
02	456.58 <sup>a</sup>	3.11	450.47	462.69
<b>Estación:</b>				
Primavera	463.28 <sup>a</sup>	3.59	456.24	470.31
Verano	448.50 <sup>b</sup>	3.43	441.78	455.23
Otoño	433.47 <sup>c</sup>	3.34	426.92	440.01
Invierno	446.78 <sup>b</sup>	3.40	440.11	453.46
<b>Año:</b>				
2003	469.95 <sup>a</sup>	5.33	459.49	480.41
2004	460.23 <sup>ab</sup>	4.33	451.74	468.72
2005	455.07 <sup>bc</sup>	4.02	447.19	462.95
2006	454.67 <sup>bc</sup>	3.88	447.06	462.28
2007	446.63 <sup>cd</sup>	3.85	439.08	454.17
2008	454.32 <sup>bc</sup>	3.93	446.61	462.03
2009	449.15 <sup>bcd</sup>	3.98	441.34	456.95
2010	441.51 <sup>d</sup>	4.04	433.59	449.43
2011	429.46 <sup>e</sup>	4.56	420.52	438.40
2012	419.11 <sup>e</sup>	6.45	406.47	431.75

<sup>1</sup> Para el análisis estadístico se transformaron los datos a su logaritmo, pero para su presentación en la tabla, se utilizaron los datos reales.

<sup>2</sup> MCM = media de cuadrado mínimo; EE = error estándar; IC = intervalo de confianza.

<sup>a,b,c,d,e</sup> Medias de cuadrados mínimos con letras diferentes dentro de columnas indican diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ).